Digitized by Google

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio 12

Palchetto G.

Num.° d' ordine 9.46 07

NAZIONALE
B. Prov.
T
1601
NAPOLI
R. BIBLIOTECA
VITT. EM. III

B. Prov.
II
1501

Digitized by Google

RECHERCHES

SUR

LES MEILLEURS EFFETS A OBTENIR

DANS

L'ARTILLERIE.

Digitized by Google

C10838

RECHERCHES

SUR

LES MEILLEURS EFFETS A OBTENIR

DANS

L'ARTILLERIE,

CONSIDÉRÉS D'APRÈS LA CORRÉLATION QUI EXISTE ENTRE LA POUDRE, COMME MOTEUR; LES BOUCHES A FEU, COMME MACHINES, ET LES BOMBES ET LES BOULETS, COMME PROJECTILES;

PAR LE COMTE LA MARTILLIÈRE,

PAIR DE FRANCE, ANCIEN OFFICIER GÉNÉRAL D'ARTILLERIE.

TOME SECOND.

BIBLIOTECA PROVINCIALE di NAPOLI

A PARIS,

CHEZ MAGIMEL, ANSELIN ET POCHARD,
Libraires pour l'Art militaire, rue Dauphine, n° 9.

1819.

VITTORIO EMANUELE III BIBLIOTECA NAZIONALE NAPOLI

RECHERCHES

SUR

LES MEILLEURS EFFETS A OBTENIR

DANS

L'ARTILLERIE.

SUITE DE LA SECONDE PARTIE.

CHAPITRE III.

Du Mortier considéré selon les formes établies par l'ordonnance de 1732; de ses défauts inhérens à cette force, et des changemens qui ont été opérés sur cette arme, depuis l'époque de 1786.

222. L'INVENTION du mortier ne doit point se rapporter à celle des bombes, puisque les premières armes à feu fondues, qui, selon Diego Ufano, avoient des âmes de figures coniques, n'étoient autre chose que des mortiers destinés à jeter de grosses pierres et des matières combustibles enflammées. Ces bouches à feu furent, dans le principe de l'artillerie, confondues avec

les gros canons, sous le nom de *bombardes*, et vraisemblablement elles n'ont été dénommées *mortiers* que lorsque leur forme s'est plus rapprochée du mortier à triturer; mais il est toujours certain que cette dénomination leur est affectée antérieurement à l'usage des bombes, puisque dans la relation du siége de Metz par Charles-Quint, en 1552, où il n'est pas question de bombes, il est cependant dit : « Ce » nonobstant Navaille allât jusque près des » pièces qu'il nombrat seize, lesquelles nous » jugeâmes être de douze canons, six coule- » vrines et cinq mortiers, que le marquis avoit » prêtés à l'empereur. »

On peut donc conjecturer que le mortier est à peu près aussi ancien que le canon, et que ayant été successivement employé à diverses espèces de service, il doit avoir éprouvé différens changemens, tant dans sa forme que dans ses dimensions, et jusqu'à ce que l'ordonnance de 1732 eût enfin fixé et prescrit aux fondeurs à peu près les formes et les dimensions que la théorie et la pratique sembloient avoir indiquées, jusqu'alors, comme les plus solides et les plus convenables au service des bombes.

On a été long-temps dans l'erreur, tant sur l'époque de l'invention des bombes, que sur le

nom de l'inventeur, puisque l'opinion la plus commune fixoit autrefois cette époque en 1558, et en attribuoit la découverte à un habitant de la ville de Vanlo, qui, pour le divertissement du duc de Clèves, en avoit jeté pour la première fois, sans user de précaution contre le feu, ce qui donna lieu à un incendie qui consuma la moitié de la ville.

Quelques historiens hollandois reculoient cette époque seulement de quelques années, et faisoient honneur de cette invention à un des ingénieurs de la république, qui, selon eux, en avoit fait le premier essai à Bergen-Opzoom, au préjudice de sa vie.

Mais on trouve dans les *Mémoires de littérature* (tome 27, page 206), un extrait de *l'Art militaire de Robert Valthurius*, qui recule cette époque de plus d'un siècle. Cet *Art militaire* est dédié à Sigismond Pandolphe Malatesta, prince de Rimini, mort en 1457, auquel Valthurius fait honneur de l'invention de la bombe et des mortiers en ces termes : « *Inventum est quoque machinæ hujusce tuum,* » *Sigismunde Pandulphe, quâ pilæ æneæ tor-* » *mentii pulveris plenæ cùm fungi aridi fomite* » *uventis emittuntur.* »

Il y a apparence que Jean Bureau, contemporain de ce prince, et maître de l'artillerie

en France sous Charles VII, avoit eu connoissance de cette invention, puisqu'en 1452 il menaçoit les habitans de Bordeaux, s'ils ne se rendoient point, de réduire leur ville en cendres, avec des engins volans, qui ne pouvoient être autre chose que des bombes (VILLARET).

Mais d'où vient que cette invention si importante, loin d'être d'abord adoptée et mise en pratique à la guerre, a été au contraire comme perdue pendant près d'un siècle et demi? C'est que sans doute les premières bombes furent si mal faites et si mal servies, qu'elles devinrent plus préjudiciables à ceux qui les servoient que dommageables à leurs ennemis.

Ce n'est qu'en 1634 que nous nous en sommes servis pour la première fois sous la conduite de Mathus au siége de La Mothe par le maréchal de La Force.

223. Le mortier a, comme le canon, sa culasse, sa bouche, son renfort et ses ornemens; mais comme tout ce que nous avons déjà dit à cet égard dans le premier chapitre, peut s'appliquer à toutes les bouches à feu, nous n'en ferons plus mention; je ferai seulement observer, en passant, que le renfort que nous avons regardé comme inutile dans le canon, devient indispensable dans le mortier, premièrement, parce que l'épaisseur du mortier, eu égard à

son calibre, est à proportion moindre que celle du canon ; et secondement, parce que par un plus grand diamètre et une bien grande pesanteur de son mobile, la première action du fluide élastique ayant à lutter contre un plus grand obstacle à son expansion, l'effort qui en résulte sur les parois de l'âme, dans le logement de la bombe, doit être bien plus considérable que dans le canon.

Les tourillons des mortiers étoient autrefois situés au milieu du renfort, ce qui exigeoit des affûts fort élevés pour le jeu de la culasse entre les deux flasques dans le pointement du mortier; et comme de cette grande élévation de l'affût et du vide qui étoit nécessaire entre les flasques pour le jeu de la culasse, il ne pouvoit en résulter qu'une altération de justesse dans le tir, par trop peu de solidité dans les affûts, nos prédécesseurs, dans cette considération sans doute, ont dérogé à cet usage depuis environ un siècle, en plaçant les tourillons au-dessous de la culasse, parce qu'alors tout le mortier se trouvant au-dessus de l'affût, on peut donner moins de hauteur à celui-ci, et le rendre plus solide, en remplissant le vide qui se trouve entre les deux flasques par de bonnes entretoises de forts boulons.

Il est vrai que les tourillons du mortier dans cet emplacement ayant plus de longueur, et par conséquent plus de portée, sont plus exposés à ployer sous l'effort de leurs charges; car, ainsi que nous l'avons dit (143), les embases ne servent qu'à donner plus d'énergie à ce défaut, n'étant point incastrées dans les gîtes comme les tourillons.

Le calibre du mortier ne se désigne pas, comme dans le canon, par le poids de sa bombe, mais par le diamètre de son âme, exprimé en pouces; ainsi quand on parle d'un mortier de douze pouces, on entend celui qui jette une bombe de 11 pouces 10 lignes de diamètre.

L'ordonnance de 1732 n'avoit reçu, quant au calibre, que deux différentes espèces de mortier, savoir : celui de 12 pouces et celui de 8 pouces 3 lignes, et avoit proscrit celui de 18 pouces et celui de 6, dont on faisoit encore usage avant cette ordonnance, le premier pour être trop onéreux, d'un service trop lent, trop incommode, et d'un succès très-incertain, et le dernier pour n'avoir presque pas d'effet.

224. Les épreuves de Strasbourg en 1765, ayant prouvé que les mortiers de 12 pouces, à grandes portées, n'étoient pas en état de soutenir long-temps l'effort de leurs charges, l'ordonnance de 1765 crut devoir y substituer

celui de 10 pouces, exclusivement, pour l'attaque et la défense des places, en conservant seulement les mortiers de 12 pouces existans, pour consommer les bombes de ce calibre. Comme les esprits prévenus se sont fort récriés sur cette substitution, qui leur paroissoit insuffisante, je vais faire voir combien peu ils étoient fondés, en prouvant que ce mortier est précisément susceptible des mêmes effets que celui de 12 pouces de l'ordonnance de 1732; en voulant d'intention se borner aux mêmes effets, sans avoir à soutenir un si grand effort, ce qui joint à une conformation plus renforcée le rend capable d'une plus forte et plus longue résistance.

Supposons deux mortiers (*Pl.* IV, *fig.* 1 *et* 2), l'un de 12 pouces et l'autre de 10, chargés l'un et l'autre d'une quantité de poudre proportionnelle à la capacité de leur âme, afin que les forces d'explosion soient égales dans les deux mortiers, il est évident que dans l'expansion du fluide élastique, les impulsions du fluide sur les parois des âmes des deux mortiers, seront comme les surfaces pressées (88), ou comme les carrés des diamètres des âmes, c'est-à-dire comme 144 : 100. Le mortier de 12 pouces aura donc à soutenir un effort presque d'un tiers plus grand que celui qui agira sur

le mortier de 10 pouces. Ainsi, 1°. à épaisseur égale, celui-ci sera donc presque d'un tiers plus fort.

2°. Les forces imprimées sur les bombes étant en raison de leurs surfaces, et par conséquent comme les carrés de leur diamètre, c'est-à-dire, à peu près dans le rapport de 144 : 100, donneront à ces bombes les mêmes vitesses, puisque leurs pesanteurs sont aussi à peu près dans le même rapport. Or, les vitesses initiales de ces mobiles étant égales, les résistances qu'ils éprouveront de la part de l'air, en décrivant leur trajectoire, seront comme les carrés de leurs diamètres ou comme leurs pesanteurs, ce qui leur donnera des retardemens égaux, et par conséquent des portées égales.

3°. Les portées étant égales, les hauteurs auxquelles les bombes pourront s'élever seront égales aussi, ce qui en tombant leur donnera les mêmes vitesses acquises à la fin de leurs chutes, et leurs forces d'impulsion seront alors comme leurs pesanteurs, ou comme les carrés de leurs diamètres, qui sont dans le même rapport; et comme les résistances que les bombes rencontreront pour s'enfoncer dans un même terrain, seront comme les carrés de leurs diamètres, il résulte nécessairement que les profondeurs des trous, ou les enfoncemens

des bombes, seront égaux : il est donc bien démontré que le mortier de 10 pouces, avec une résistance très-supérieure, est susceptible des mêmes effets que celui de 12.

Il faut cependant convenir, que dans le seul cas où il seroit question de ruiner un magasin, la commotion de la bombe de 12 pouces seroit plus efficace sous le même angle de projection, puisque cette commotion, qui se trouve dans ce cas réunie au point de chute, est alors sur ce point comme la pesanteur; mais comme dans le mortier de 10 pouces, l'action de la charge sur la culasse, et de là sur l'affût, est, comme nous l'avons fait voir, d'un tiers presque moins forte que dans celui de 12, on pourra aussi, dans ce seul cas, renforcer sa charge, ou tirer sous un angle plus élevé, afin de gagner, par la vitesse du mobile, ce qu'il a de moins en pesanteur.

4°. Pour ce qui est des éclats des bombes, il est évident que leurs épaisseurs étant proportionnelles au diamètre, ceux de la bombe de 10 pouces auront plus de vitesse; car les charges des bombes étant proportionnelles aux capacités intérieures, leurs forces d'expansion seront égales, tandis que leurs forces d'impulsion, sur les parois des capacités des bombes, seront comme les surfaces pressées : or, comme

les plus petits corps ont plus de surface que les gros, en raison inverse des diamètres, la force d'impulsion de la charge de la bombe de 10 pouces, sur les éclats, sera à celle de la charge de la bombe de 12 sur les éclats aussi, comme 6 : 5, et en supposant les éclats des bombes en nombre égaux et semblables, il est clair que ceux de la bombe de 10 pouces ayant plus de vitesse, iront plus loin, et que cet excédant de vitesse compensera dans les chocs, de proche en proche, leurs moindres pesanteurs.

Il résulte donc évidemment de cette comparaison, que le mortier de 10 pouces doit être préféré à celui de 12 de l'ordonnance de 1732, 1°. parce qu'il est pour l'attaque et la défense des places exclusivement, d'une consommation moins dispendieuse à des effets égaux, tant par rapport à la poudre, que par rapport à son mobile; 2°. parce qu'il est d'une manœuvre plus aisée, par moins de pesanteur, et d'un tir plus certain, étant sujet à de moindres ébranlemens et de moindres secousses par moins d'effort de la part de la charge; 3°. par une plus forte et plus longue résistance à épaisseur égale, et 4°. parce que son affût étant moins tourmenté, à raison d'un moindre effort à soutenir, doit durer plus long-temps.

225. La forme de l'âme du mortier (*Pl. IV, fig.* 1) *KxgbxK* est celle d'un cylindre *KxxK*, qui a pour hauteur son diamètre *KK*, et qui est terminé du côté de la chambre du mortier par une demi-sphère *xgbx* de même diamètre, qui sert d'assise à la bombe, en sorte que la longueur entière *Ad* de l'âme a presque un calibre et demi.

La fusée de la bombe, ses anses et le vide qui forme sa capacité intérieure, restreignent le mortier à cette petite longueur d'âme, parce que la fusée et les anses, qui sont saillantes, se briseroient infailliblement, si la bombe rouloit dans le mortier, et ce mobile pourroit même se casser, si on l'exposoit par une plus grande longueur d'âme à une impression plus suivie du fluide élastique, qui, en augmentant sa vitesse, augmenteroit aussi la violence de ses battemens.

Il paroît qu'on a eu pour objet à remplir, dans la conformation demi-sphérique de la partie inférieure de l'âme, de ne laisser que le moindre vide possible entre la surface de la bombe et les parois de l'âme du mortier; mais cette conformation, par la différence qui doit nécessairement se trouver entre son diamètre et celui de la bombe, s'oppose dans le service à la justesse du coup, et à la durée du mortier;

c'est ce qui a donné lieu aux changemens qui se sont opérés dans cette partie de l'âme du mortier, depuis 1786, qui rendent le service de cette arme bien meilleur par de plus longues portées, avec les mêmes charges, par plus de justesse dans le tir, sans avoir recours, comme autrefois, aux cales, aux éclisses, moyens toujours insuffisans, et surtout par plus de durée et un plus long service.

Je vais en peu de mots signaler les vices de cette ancienne conformation, et développer les avantages qui résultent du petit changement opéré dans cette ancienne forme.

Supposons l'axe *AI* du mortier (*Pl. IV, fig.* 3) vertical, ce qui arrive lorsqu'on le charge, quelle que soit l'ouverture *gb* de la chambre, cette ouverture étant toujours circulaire et perpendiculaire à l'axe du mortier, il est évident que ce cercle est horizontal; supposons aussi la bombe *B* parfaitement bien coulée et bien placée dans le mortier, son centre de figure et celui de gravité, ainsi que le point de sa surface qui correspond à la plus grande épaisseur du culot, seront, dans une même ligne verticale, la même que l'axe du mortier; et comme la bombe est sphérique, et qu'elle porte dans une concavité sphérique, sensiblement plus grande, elle ne sera assise que sur

la circonférence du cercle qui forme l'ouverture de la chambre : on pourra donc alors la considérer comme si elle étoit réellement assise sur toute l'étendue de ce cercle, d'où il résultera que lorsqu'on inclinera le mortier pour le pointer, la bombe restera inébranlable dans cette inclinaison tant qu'il sera possible de mener du centre de gravité de la bombe une verticale sur l'étendue de cet appui circulaire *ib;* et au contraire, elle sera déterminée à trébucher lorsque cette verticale tombera hors du cercle. (Camus, *Mécanique,* Liv. VII, Ch. Ier, pag. 205.)

Donnons maintenant 12 pouces de calibre au mortier et 6 pouces de diamètre à l'ouverture de la chambre, qui, dans ce calibre, est la plus grande usitée, l'arc *gkb*, soutenu par une corde *gb* de 6 pouces, égale au rayon de la demi-sphère qui enveloppe la moitié inférieure de la bombe, sera de 60 degrés, et sa moitié *bk* de 30 degrés.

Supposons maintenant le mortier pointé sous l'angle d'élévation de 60 degrés, l'angle *ecp,* que son axe *ec* fait avec l'horizontale *cp*, est de 60 degrés, le complément *eca* sera donc de 30 degrés; et puisque, par la construction, l'arc *fl* est de 30 degrés, l'angle *fel* sera de 30 degrés, les deux lignes *ca* et *fe* seront

donc parallèles; d'où il suit que la ligne *fe* est verticale; ainsi, si le point *e* étoit le centre de gravité de la bombe, comme cette verticale tombe précisément sur l'extrémité *f* du diamètre du cercle d'appui de la bombe, on pourroit regarder ce mobile, dans cette position du mortier, comme prête à trébucher sur les parois inférieures de l'âme du mortier, au moindre abaissement dans l'angle du mortier : on ne pourra donc tirer le mortier au-dessous de cet angle, c'est-à-dire au-dessous de 60 degrés, sans que cet accident contrariant ait lieu, ce qui est très-fréquent, les angles au contraire au-dessus de 60 degrés étant bien moins usités dans le service.

Ce que je viens de dire par rapport à l'ouverture *gb*, peut s'appliquer à toute autre plus grande ou plus petite, c'est-à-dire que si cette ouverture étoit telle que l'arc *kb* fût de 50 degrés ou de 20 degrés, on ne pourroit tirer le mortier au-dessous des angles d'élévation de 40 degrés ou de 70 degrés, sans que cet accident eût lieu, et la tendance de la bombe à trébucher sur la partie inférieure de l'âme, seroit d'autant plus grande, et le mouvement qui en résulteroit dans le tir d'autant plus fort, que l'angle d'inclinaison du mortier seroit plus au-dessous des angles de 40 et de 70 degrés.

Je ne m'arrêterai point à discuter ici si les moyens qu'on employoit en chargeant le mortier pour contenir la bombe et l'empêcher de trébucher, étoient efficaces, puisque quand même ils seroient tels, ce que je suis bien éloigné de croire, ce seroit toujours un inconvénient dans le service d'avoir à les employer, et au contraire un avantage de pouvoir s'en passer.

Le vice de construction étant bien reconnu, examinons tout ce qui en résulte de contraire au bien du service.

1°. La bombe pesant naturellement sur la partie inférieure de l'âme du mortier, et surtout lorsqu'elle est déterminée à trébucher, ainsi que je viens de le prouver; lorsque l'angle de projection est propre à cet effet, elle découvre, en affaissant par sa pesanteur les cales et les éclisses, ou encore mieux par sa chute sur les parois inférieures de l'âme du mortier, une issue dans la partie supérieure du cercle, formant l'ouverture de la chambre, qu'elle fermoit auparavant exactement, où se portent les premières parties du fluide élastique régénérées, avec d'autant plus de promptitude, que cette ouverture forme évent, et que ce fluide provient des premiers grains de poudre enflammés sur la partie supérieure de

la chambre du mortier où aboutit la lumière; d'où il suit que le fluide élastique étant alors dirigé bien plus abondamment sur la partie supérieure de la bombe que sur l'inférieure, qui porte sur les parois de l'âme, doit nécessairement donner au mobile, dans cette première impulsion, un mouvement de rotation, par la pression du haut en bas qu'il exerce, et le traînement du mobile qui en résulte sur les parois de l'âme du mortier.

Or, le moindre mauvais effet de cette pression, quoique bien nuisible, est une réaction proportionnée, qui, faisant bondir la bombe, la porte contre les parois de la partie supérieure de l'âme, et de là, par contre-coup, sur la partie inférieure; de sorte que ce mobile ne part presque jamais sous l'angle de projection, le même que celui donné au mortier.

On doit s'apercevoir, par ce raisonnement, que je compte pour rien, ou du moins pour bien peu, l'obstacle que les cales et les éclisses semblent opposer à l'affaissement ou à la chute de la bombe; et en effet l'expérience montre toujours un enfoncement au logement du mobile, qui n'auroit certainement pas lieu si cet obstacle étoit irrésistible; et comment ces petits morceaux de bois pourroient-ils s'oppo-

ter invinciblement à la pression du fluide élastique, puisque la fonte cède à cet effort.

2°. Lorsque la bombe a trébuché, la ligne droite qui contient son centre de gravité, son centre de figure, et le point de la surface qui correspond à la plus grande épaisseur du culot, et qui, avant ce mouvement, se trouvoit dans la même direction de l'axe du mortier, se trouve alors dans une situation oblique à cet axe, et par conséquent oblique à l'action du fluide élastique, ce qui doit donner à ce mobile, dans son vol, un ballottement nuisible à sa portée et à la justesse du coup.

3°. Quoique la pression que la première impulsion du fluide élastique occasionne de haut en bas sur la bombe, et de là sur la partie inférieure de l'âme, soit instantanée, elle est cependant assez forte pour qu'on doive la considérer comme la cause destructive des mortiers, puisqu'elle forme, à la longue, comme l'expérience l'indique tous les jours, un enfoncement sur les parois de l'âme, au logement de la bombe, avec d'autant plus de facilité que ce mobile, par sa forme sphérique, n'ayant pas sur les parois du mortier un appui fort étendu, cette pression est concentrée seulement sur quelques points : or, il est évident que lorsque cet affaissement de la matière devient sensible,

le mortier approche de sa fin, parce que cette pression augmentant à raison de cet enfoncement, la bombe, à chaque coup, ne sort de cette cavité que par un ressaut, qui lui fait faire des battemens violens dans les différentes parties de l'âme, qui, par l'imperfection du ressort de la fonte, y laissent des enfoncemens dans le métal, dont la profondeur et le nombre mettent de plus en plus le mortier hors de service, en rendant son tir d'autant plus incertain.

226. Les mauvais effets qui résultent du placement de la bombe sur l'ouverture de la chambre du mortier (*fig.* 6, *Pl. IV*), que la forme inférieure de l'âme rend inévitable, étant bien désignés, passons aux avantages qu'on doit attribuer au changement qui s'est opéré depuis 1786, dans cette partie de l'âme du mortier.

1°. Sur la verticale indéfinie TZ, soit pris BC égal au rayon de la plus grosse bombe reçue dans le calibre à construire, et du point C, comme centre, et avec ce rayon soit décrit un cercle pour représenter cette bombe, dont aa, perpendiculaire à TZ, est un diamètre horizontal.

2°. Soit pris BA, égal à BC, et par le point A soit menée perpendiculairement à TZ, la droite Kk, égale au diamètre de la bouche du

mortier, et coupé en deux parties égales au point A, et soient menées les deux droites Ka, ka, tangentiellement aux points aa, pour représenter les parois de la partie supérieure de l'âme du mortier.

3°. Soit pris DF égal à la profondeur de la chambre du mortier, et des points D et F, soient menées les droites ee hh, perpendiculaires à TZ, la première égale au diamètre de l'ouverture de la chambre du mortier, et la seconde au diamètre du fond de ladite chambre; et par les points e et h, pris du même côté, soient menées les droites eh, eh, pour représenter les parois de cette chambre, qu'on prolongera jusqu'à la rencontre de la bombe.

4°. Soit pris Ci sur le diamètre aa, à droite et à gauche du centre C, de sorte que $Ci = \frac{13}{12}$ de Ca; et des points i et i, comme centres, et avec les rayons $ia = \frac{13}{12} Ca$, soient décrits les arcs excentriques et symétriques ao, jusqu'à la rencontre des parois de la chambre prolongées, si des points d'intersection o et o, on mène la droite oo, elle représentera le diamètre de l'orifice de la chambre, et les arts symétriques ao, ao, représenteront les parois inférieures curvilignes de l'âme du mortier; et de ce bien petit changement dans la forme de

l'âme du mortier résultent cependant les avantages les plus importans pour le service, et la durée de cette arme.

La bombe n'étant plus assise sur l'ouverture de la chambre du mortier, qui limitoit trop étroitement la partie de la surface de la bombe en prise à l'action du fluide élastique, dans son premier instant d'expansion, est projetée avec la même charge de poudre, bien plus loin, ainsi que le montre l'expérience, à raison de la plus grande partie de sa surface, qui va presque au double de celle qu'elle présentoit seulement à cette première impulsion, avant qu'elle fût placée dans cette nouvelle position.

Rien ne pouvant déterminer dans cette forme le fluide élastique dans sa première impulsion à se porter de préférence en haut ou en bas, ou d'un côté plutôt que d'un autre, il est évident que son action se trouvant alors uniformément partagée sur tous les points de la surface de la bombe, qui y sont en prise dans cette première impulsion, ce mobile sera nécessairement mu selon l'axe du mortier, qui devient la direction de la résultante de cet effort primitif; ainsi, la bombe, dans son déplacement, restant concentrique à son vent, ne peut être pressée ni en bas, ni en haut contre les parois de l'âme, puisque l'action du

fluide élastique, qui agit entre les parois de l'âme et la surface de la bombe, et tout à l'entour, étant uniforme, l'effort sur un point quelconque de la surface de la bombe, qui pourroit occasionner quelque pression, se trouve détruit par un semblable effort sur le point de la surface de ce mobile diamétralement opposé; ainsi point de refoulement à craindre, et par conséquent point de battement, donc moins de variété dans les portées et plus de justesse dans le tir, et ce qui n'est pas moins important, un plus long service à espérer des mortiers.

Les épaisseurs du métal ne sont pas dans les mortiers à proportions aussi fortes que dans les canons; ces épaisseurs, dans les différens calibres, n'y sont pas même, comme dans les canons, proportionnelles aux diamètres des mobiles, parce que les charges des mortiers et les pesanteurs des bombes n'ont aucun rapport à leurs diamètres; d'ailleurs, comme dans le même calibre il y a des mortiers destinés à de longues et à de petites portées, il est évident que dans ces deux espèces de mortiers les épaisseurs ne peuvent être les mêmes.

227. La plus forte épaisseur dans le mortier se trouve au pourtour de la chambre, parce que c'est là où se fait sentir la plus violente

action de la poudre; la seconde est celle du renfort ou du pourtour du logement de la bombe, qui doit être supérieure à celle de la volée; tant par une plus forte et plus longue action du fluide élastique, que par une plus grande surface présentée à l'impulsion.

La chambre du mortier, depuis l'invention de cette arme, a varié de plusieurs manières en cherchant à lui donner celle la plus convenable à la vitesse d'inflammation de la charge; et depuis la forme du cône, ayant la lumière au sommet, qui est sans contredit la forme la moins favorable à l'effet proposé, on a passé à celle du cône tronqué, sphérifique, poire, cylindrique et cylindre inscrit. Cette dernière, sans même en excepter la forme sphérique, étant la plus convenable à l'effet désiré, est celle qui mérite la préférence, et dont l'usage établi ne s'écarte pas beaucoup.

228. Le calibre du mortier et la quantité de poudre que doit contenir la chambre étant donnée, construire ce mortier :

1°. Soit x le diamètre et la hauteur de la chambre du mortier à construire, dont la charge exprimée en livres est a, nous aurons $x = \sqrt[3]{34,36\,a}$;

Car 64 liv. $\times \frac{11}{14} = 50,29$ liv., est égal au cy-

lindre de poudre inscrit au cube de poudre, et $x^3 = \frac{64}{50,29} \times a = 34,36\,a$; donc $x = \sqrt[3]{34,36\,a}$; d'où il suit que si $a = 12$ livres de poudre, $x = 7$ pouces 5 lignes.

2°. Sur l'indéfinie TZ, soit pris BC égal au rayon de la grosse bombe (*Pl. IV, fig.* 5) reçue dans le calibre à construire; et du point C, comme centre, soit décrit un cercle pour représenter cette bombe, dont aa, perpendicu- à TZ, est un diamètre.

3°. Soit pris $BA = BC$, et par le point A ayant mené une perpendiculaire indéfinie xx à TZ, soit pris sur cette indéfinie, de part et d'autre de TZ, AK égale au demi-calibre du mortier, lequel, par l'ordonnance, est d'une ligne au-dessus du diamètre de la bombe; et par les points K et K, soit menés tangentiellement aux points a et a, extrémités du diamètre de la bombe, les droites Kb, Kb, pour représenter les parois de la partie cylindrique de l'âme du mortier.

4°. Soit pris DE, égal à la profondeur de la chambre du mortier, et soit menée au point D la tangente ee, égale au diamètre de l'ouverture de la chambre; et par le point E, la parallèle hh à ee, égale au diamètre du fond de la chambre, et par les points e et h de chaque

côté, les droites $e\,h$, $e\,h$, qu'on prolongera jusqu'à la rencontre de la bombe.

5°. Soit pris sur le diamètre $b\,b$ du mortier, et de part et d'autre du centre C, $CI = \frac{cb}{12}$, et des points I et I, comme centres, et avec les rayons $I\,C\,b$, soient décrits les arcs du cercle $b\,o$; si des points d'intersections o et o, on mène la droite $o\,o$, elle représentera le diamètre de l'orifice de la chambre, et les droites $o\,h$, en seront les parois : dans le calibre de 12, la chambre, cylindre inscrit, contiendra 6 liv. de poudre; cylindre prolongé $e\,r\,r\,e$, 10 livres, et cône tronqué $u\,u\,u\,u$, 11 liv.

On achevera la construction de chaque espèce de mortier, au moyen de la table ci-après, qui contient toutes leurs dimensions voulues par les règlemens. (*Voyez* le tableau n° 5.)

229. Dans toute machine de force, lorsque l'effort à supporter laisse quelque chose à craindre pour le ploiement des tourillons, on les renforce par des embases, qu'on encastre comme les tourillons dans les crapaudines ou les coussinets, et elles en sont alors la sauvegarde et le soutien : on devroit donc, dans l'artillerie, surtout à l'égard des mortiers à longues portées, où le besoin de renforcer les tourillons se fait mieux sentir, encastrer les embases dans

les flasques, en prenant dans la fabrication des mortiers la longueur des embases sur celle des tourillons, et ce moyen renforceroit les tourillons avec bien plus de grâce, et non moins d'efficacité, que celui employé dans les gros mortiers (*Pl. IV, fig.* 5), pour s'opposer au ploiement de ces tourillons.

La grande quantité de flasques de fonte grise et fonte verte de tout calibre qui sont à consommer, empêche de proposer aujourd'hui ce changement.

230. La poudre agissant également en tous sens, son action sur les tourillons, sur l'affût et sur la plate-forme, est à proportion plus forte dans les mortiers à grandes portées; et comme la justesse du tir dépend presque autant de la solidité de l'affût et de celle de la plate-forme, que de la perfection du mortier et de la précision du pointement, on doit s'attendre à de grandes irrégularités dans le service de ces bouches à feu, si leurs affûts et leurs plates-formes n'ont pas une solidité proportionnée aux efforts de leurs charges.

Dans ces fortes secousses, l'expérience a déjà fait voir que les affûts de bois les mieux ferrés et les plus forts en échantillon, ne peuvent résister; que les crapauds de fonte grise, coulés, se cassent très-souvent, et que presque

toujours les boulons de fer forgés qui les assemblent, quelles que soient leurs dimensions, se faussent, s'allongent, et donnent du jeu aux différentes parties de l'affût, et finissent aussi par se casser.

Pour parer à une partie de ces inconvéniens, on en a coulé de fonte verte; mais les boulons de fer qui les assemblent, étant susceptibles des mêmes inconvéniens que ci-dessus, en dépensant beaucoup plus, on ne gagne pas davantage sur la solidité de l'ensemble.

231. En coulant ces mortiers à semelle (*Pl. IV, fig.* 6), on fait d'abord sur ces derniers crapauds une économie de métal, puisque la semelle ne pèsera pas les deux tiers de ce que pèsent ensemble les deux crapauds de fonte verte; et n'ayant plus que la plate-forme à construire, on seroit pleinement débarrassé de l'inquiétude qu'on pourroit avoir, sans cela, sur la résistance des tourillons et des affûts.

On ne peut rien objecter contre le service de ces mortiers, qui doit être plus prompt et plus facile que ceux des mortiers ordinaires à grandes portées, qu'on est obligé de dresser verticalement à chaque coup, pour placer la bombe et les cales, ce nouveau mortier n'en exigeant pas, et la semelle étant susceptible de

recevoir tous les moyens de manœuvre qu'on pourroit appliquer aux crapauds de fonte, pour les diriger sur la plate-forme.

232. Les mortiers ont, comme les canons, leurs plus grandes portées possibles, qui sont, comme dans ces derniers, limitées par la résistance de l'air, c'est-à-dire, que lorsque la bombe a atteint ou surpassé même la vitesse avec laquelle l'air se précipite dans le vide, sa portée n'augmente pas sensiblement, et une surcharge est non-seulement à pure perte pour la portée, mais elle est nuisible à la justesse du coup, à la durée du mortier, de l'affût et de la plate-forme, par un plus fort ébranlement.

D'où il suit que pour avoir des portées supérieures aux plus grandes portées connues, si on les juge nécessaires, il faut augmenter le calibre du mortier, parce que, à vitesse initiale égale, la plus grosse bombe ira plus loin, en perdant moins de sa quantité de mouvement dans le même temps, par, à proportion de sa masse, moins de surface, et surtout par une plus grande force d'impulsion, si par une plus grande chambre, à proportion, la charge de poudre est plus considérable.

C'est en vain qu'on a cherché la cause de la supériorité des portées des mortiers anglois,

dans le bombardement du Hâvre en 1758, dans la meilleure qualité de leur poudre, et dans la configuration de leurs mortiers, qui n'avoient rien d'extraordinaire : cette supériorité de portée se présente tout naturellement dans la supériorité du calibre, puisque leurs bombes avoient 13 pouces 6 lignes, et pesoient 180 livres. M. de Quincy, officier supérieur d'artillerie, dit, dans son *Histoire militaire*, tome 1er, que les bombes qui furent employées au bombardement d'Alger avoient 13 pouces de diamètre, et étoient chargées de 15 livres de poudre.

233. La reddition d'une place assiégée tient quelquefois à l'incendie d'un de ses magasins, contenant des munitions essentielles à la durée du siége, telles que sont les munitions de guerre et de bouche, ou à la destruction de tout autre édifice d'une importance majeure, à la conservation duquel les habitans sont attachés; mais l'art du jet des bombes n'est pas assez précis; et les mortiers destinés à l'attaque et à la défense des places, quoique d'un tir moins incertain que ceux destinés à de longues portées et aux bombardemens, sont encore cependant trop fatigués par les secousses et les ébranlemens du tir, dans l'action successive du fluide élastique sur l'affût et la

plate-forme, pour pouvoir se promettre un pareil effet, autrement que par un tâtonnement toujours trop long, qui porte quelquefois le dégât et la dévastation, contre l'intention, dans tout autre endroit qu'on voudroit ménager; il est donc bien à désirer, et il est bien évident qu'on tireroit un bien meilleur parti de cette arme dans les siéges, si on pouvoit plus sûrement diriger ses effets par l'adoption d'une forme plus convenable à cet égard.

Ayant vu arriver à la refonte, à la fonderie de Douai, un mortier de 12 pouces, qui, après avoir été consommé à l'École de La Fère au service du polygone, y avoit encore été utilisé, débarrassé par un trait de scie de toute la partie cylindrique de son âme, de manière qu'il avoit dans cet état la forme d'un bilboquet; j'ignore à quel usage il avoit été destiné, n'y ayant aperçu aucune autre disposition qui puisse annoncer autre chose qu'un tir ordinaire, mais dès lors j'en conçus l'idée de la possibilité d'employer avantageusement, à l'attaque et à la défense des places, où la portée des bombes est limitée à la distance des tranchées, les mortiers ainsi simplifiés, si toutefois on pouvoit parvenir à leur procurer cette portée convenable, ce qui, malgré les

expériences d'Auxonne, me paroissoit encore problématique.

Maîtrisé de plus en plus par le pressant désir de m'en assurer, j'ai saisi la première occasion qui m'en a offert le moyen.

Le quartier-général de l'armée du Rhin et Moselle, à laquelle j'étois employé, ayant été établi à Offenbourg, par l'effet de l'armistice de l'an 5, je me transportai à Strasbourg pour être plus à portée de présider aux travaux, tant en réparations qu'en nouvelles constructions qui s'exécutoient à l'arsenal, pour le service de l'armée; et ce fut là alors que je mis mon projet à exécution.

Je fis enlever par un trait de scie, à un mortier de 8 pouces (*Planche III, fig.* 4), hors de service qui étoit à la refonte à la fonderie, la partie cylindrique de son âme; et l'ayant fait mettre ensuite, en cet état, sur la machine à forer, je le fis alleser dans le reste de son âme par un arc excentrique, de manière à pouvoir y placer une bombe de 8 pouces 9 lignes que j'avois trouvée dans les vieux fers coulés de cette place, laquelle portant seulement sur le cercle de la bouche du mortier, présentoit au-dessous à l'impulsion du fluide élastique la moitié de sa surface, et étoit enveloppée, dans cette position, d'assez

près par les parois de l'âme, pour qu'il n'y eût que le moindre vide possible entre ces parois et la bombe, afin de ne point atténuer sensiblement le ressort du fluide élastique, dans son premier instant d'expansion.

La chambre fut aussi allesée dans sa capacité, de manière que lui ayant conservé entièrement sa première longueur, elle pouvoit contenir jusqu'à 2l. 4o de poudre.

L'ancienne lumière fut fermée par un grain aveugle mis à froid, et il fut placé également à froid un autre grain, en sorte que l'orifice intérieur de la lumière aboutît à une distance du fond de la chambre, égale au tiers de la longueur de ladite chambre.

Ces dispositions faites, et ce mortier transporté au polygone, je fis prévenir tous les officiers d'artillerie, qui étoient pour lors en assez grand nombre dans cette place, qu'ils eussent à se rendre le lendemain matin au polygone, à une heure qui leur fut indiquée, et m'y étant rendu moi-même, je fis part à tous ces officiers du motif de ce rassemblement, en leur expliquant mes vues et mon espoir, et en les priant de bien observer, afin de pouvoir certifier avec connoissance de cause, dans un procès-verbal qui en seroit

dressé, les vérités de fait qu'alloit offrir cette expérience.

Ce mortier, placé sur un affût de calibre, fut pointé à 45d., et chargé de 1l. 5° de poudre, il projeta la bombe, pesant 60l., par une impulsion instantanée du fluide élastique à 400 toises, ainsi que l'expose le procès-verbal ci-après.

ARMÉE DE RHIN ET MOSELLE.

ARTILLERIE.

Procès-verbal sur l'épreuve qu'on a fait subir à un mortier de 8 pouces ordinaire, hors de service, approprié à une nouvelle forme plus avantageuse, tant par plus de justesse dans son tir, que par beaucoup d'économie dans sa fabrication et dans ses accessoires.

L'an cinquième de la république françoise, une et indivisible, et le vingt-cinq prairial, nous général de division, commandant en chef l'artillerie de l'armée de Rhin-et-Moselle, pénétré de l'idée de pouvoir arriver à une plus grande perfection dans le jet des bombes, par une plus grande justesse dans le tir du mortier, et à une bien moindre dépense dans sa fabrication par un moindre emploi de matière,

et une économie considérable dans la main-d'œuvre et dans ses accessoires;

Après avoir préliminairement fait approprier à cette idée un mortier de 8 pouces ordinaire hors de service, ainsi qu'il est détaillé ci-après, je me suis transporté au polygone d'artillerie de Strasbourg, pour y éprouver ledit mortier en présence de plusieurs officiers d'artillerie invités à être témoins de cette expérience, pour en certifier le résultat par leurs signatures.

Ce mortier, pris au polygone, comme le plus usé de ceux du même calibre qui y étoient en batterie, et jugé absolument hors de service par les bavures nombreuses qui sailloient sur le plan de sa bouche par les battemens considérables, dont les parois de son âme étoient martelées, et surtout par un profond enfoncement au logement du mobile qui alloit consommer sa ruine, avoit été transporté le 14 prairial à la fonderie, pour être réduit dans la longueur de son âme à celle de sa partie sphérique, laquelle a été en même temps évidée par un couteau tournant excentrique à l'axe du mortier, de manière à ce que les bombes employées à cette expérience, n'entrant qu'à moitié dans l'âme du mortier, et portant par leur grand diamètre sur la circonférence du

cercle de la bouche, présentassent à l'impulsion du fluide élastique toute leur demi-surface inférieure, ainsi que le présente la figure 1re, planche IV.

Pour augmenter la capacité de la chambre, de manière à lui faire contenir, dans le besoin, 2 livres de poudre, elle a été agrandie seulement dans son diamètre de 12 lignes.

L'évasement que le service antérieur de ce mortier au polygone lui avoit occasionné dans l'âme, me permettant pas d'employer à cette expérience les bombes de 8 pouces comme trop petites, il a été pris au parc des mobiles de cette place, quatre bombes parmi celles qui avoient été rebutées comme trop grosses, qui ont été numérotées, pesées et égalisées à un poids commun à celui de la plus pesante, et exactement calibrées.

La poudre qui a été employée à cette expérience, ayant été éprouvée au polygone au mortier éprouvette, a donné sur quatre coups une portée moyenne de 102 toises 5 pieds (1).

---

(1) Je dois prévenir ici d'une circonstance qui, dans le cours de ces épreuves, y a occasionné des variétés qui m'étoient inconcevables ; ayant ordonné au garde du parc de n'employer que de cette poudre éprouvée, il fut pris en fraude par la vente de cette poudre pour un meilleur débit,

Après avoir établi ce mortier sur une plate-forme horizontale, en avant de laquelle étoit tracé un alignement avec des piquets espacés de 25 toises en 25 toises, jusqu'à la distance de 425 toises, sur lequel les portées devoient être dirigées, on a fait tirer ce mortier dix coups dans une même séance, à 45 degrés d'élévation, et aux différentes charges ci-dessous désignées, ce qui a fourni le tableau suivant.

---

et à laquelle il substituoit celle de bien mauvaise qualité qu'on réserve pour le service de l'École.

Tableau des portées du Mortier

Numéros des coups.	Numéros des bombes.	Poids communs. liv.	Poids communs. onc.	Diamètres. pouc.	Diamètres. lig.	Charges de poudre. liv.	Charges de poudre. onc.	Portées. toises.	Portées.
1	1	»	»	8	7	1	0	106	4
2	2	»	»	8	6	1	«	203	3
3	3	»	»	8	7	1	4	201	»
4	4	»	»	8	8	1	4	175	»
5	1	»	»	8	7	1	8	244	3
6	2	60	8	8	6	1	8	400	»
7	3	»	»	8	7	1	12	319	»
8	1	»	«	8	7	1	12	311	»
9	2	»	»	8	6	2	»	450	»
10	3	»	»	8	7	2	»	359	4

Tableau des mêmes portées, pour plus d'intelligence,

1	1	681.8onc.	8	7	1	0	106	4
5			8	7	1	8	244	3
8			8	7	1	12	311	»
2	2		8	6	1	»	203	3
6			8	6	1	8	400	»
9			8	6	2	»	450	»
3	3		8	7	1	4	201	»
7			8	7	1	12	319	»
10			8	7	2	»	359	»
4	4		8	8	1	4	175	»

En foi de quoi j'ai dressé le présent procès-verbal, à les officiers d'artillerie présens à cette expérience.

Le général de division commandant en chef

SAVOURNIN, général de brigade ; M. S. FOY, chef d'escadron ; PÉRILLOU, capitaine, etc.

employé à cette expérience.

DÉVIATION à droite.		DÉVIATION à gauche.		OBSERVATIONS.
pouc.	lig.	pouc.	lig.	
5	»	»	»	
1	6	»	»	
1	»	»	»	
4	6	»	»	tombée dans l'eau et perdue.
»	»	6	3	
»	»	15	»	
10	2	»	»	
»	»	6	»	
»	»	»	»	et plus ayant été perdue au-delà.
»	»	23	»	

ordonnées aux différentes bombes employées.

5	»	»	»	Toutes anciennes bombes de formes irrégulières.
»	»	6	3	
»	»	6	»	
1	6	»	»	
»	»	15	»	
»	»	»	»	
1	»	»	»	
10	2	»	»	
»	»	23	»	
4	6	»	»	

Strasbourg, l'an et jour que ci-dessus, que j'ai signé avec

l'artillerie de l'armée de Rhin et Moselle,

Signé, J. FABRE LAMARTILLIÈRE.

PIÉDECHAP, chef d'escadron; LEGROS, chef de bataillon;

Au Ministre.

J'ai l'honneur de vous adresser, conformément à vos ordres, le procès-verbal de l'épreuve que je viens de faire subir à un mortier de 8 pouces ordinaire hors de service, approprié à une nouvelle forme à donner à cette arme, comme plus avantageuse, tant par rapport au jet des bombes, que par l'économie considérable qu'elle présente dans la fabrication et la durée du mortier, et dans celle de ses accessoires.

Un procès-verbal, par sa nature, ne permettant qu'un exposé fidèle des faits, et étant étranger aux conséquences à déduire, j'ai cru de mon devoir, citoyen ministre, de vous les développer ici pour mieux vous les faire connoître.

Il étoit bien évident qu'en retranchant d'un mortier quelconque environ deux cinquièmes de sa longueur totale, sans rien ajouter au reste, sa fabrication, par moins de matière à employer, seroit bien moins dispendieuse, et qu'en annihilant, par cette réduction faite sur la longueur de l'âme, toute cause aux battemens du mobile, sa durée seroit infiniment plus longue, son tir plus direct et plus précis.

Mais il n'étoit pas démontré que le mobile

abandonné par cette réduction de longueur à un seul effort instantané de la charge enflammée, ce mortier pût fournir aux portées qu'exigent dans les siéges les distances auxquelles les batteries de ces bouches à feu peuvent être établies.

Il étoit donc nécessaire de s'assurer de cette condition essentielle, avant de rien statuer d'avantageux sur cette réduction, et par conséquent de rechercher, par quelques moyens, à se procurer les portées désirées.

Dans cette recherche, il étoit à observer que plusieurs circonstances contribuant dans le tir des bouches à feu, à rendre leurs portées plus ou moins longues, il devoit être possible, si le bien du service exigeoit l'atténuation de l'une de ces circonstances, d'arriver à peu près aux mêmes effets en procurant plus de facultés aux autres.

Or, les circonstances qui concourent aux portées des mobiles, sont la force expansive plus ou moins grande de la poudre enflammée, la surface plus ou moins grande du mobile en prise à son action, et la durée plus ou moins longue de cette action, ce qui dépend de la longueur de l'âme que parcourt le mobile.

Ainsi, en diminuant, comme je l'ai fait ici, la longueur de l'âme du mortier, et par consé-

quent le temps de l'action du fluide élastique sur la bombe, il étoit nécessaire d'augmenter à proportion la force du fluide élastique dans son expansion, et la surface du mobile en prise à son action ; c'est ce que j'ai fait, d'une part, en augmentant la capacité de la chambre du mortier pour la rendre susceptible de recevoir une plus forte charge, et en rendant en même temps son inflammation plus prompte, en plaçant le canal de la lumière plus à portée du centre de la charge, et de l'autre part, en présentant à cette plus grande force d'expansion, dans ce temps bien plus court, la plus grande surface que le mobile puisse lui opposer, c'est-à-dire la moitié de sa surface.

D'après cette disposition, il ne restoit plus qu'à connoître par l'expérience (la théorie n'ayant point des principes assez certains pour pouvoir établir par le calcul un rapport d'égalité, même approximatif, entre cette perte et sa compensation), si d'après cette nouvelle forme, le mortier pourroit fournir aux portées désirées.

C'est à quoi je suis bien sûrement parvenu, ainsi qu'il est constaté par le procès-verbal ci-joint, puisque le mortier, au sixième coup, à la charge d'une livre et demie de poudre, a porté la bombe numéro 2, pesant 60 livres 8 onces,

et par conséquent 16 livres de plus que les bombes ordinaires de 8 pouces, à la distance de 400 toises sous l'angle de 45 degrés d'élévation.

Il ne me reste donc plus, citoyen ministre, qu'à vous énumérer les nombreux avantages qui découlent d'évidence de cette nouvelle forme, surtout en l'assujettissant à la condition bien essentielle à tous égards, de couler ce mortier à semelle et à 45 degrés d'élévation (*fig.* 2) comme le sont les mortiers à éprouver la poudre, et les bombardes de la marine destinées aux grandes portées.

Rien de raisonnable ne peut s'opposer à cette dernière mesure, le mortier ne pouvant être employé avec succès au tir à ricochet, ni au tir rasant, auxquels, dans l'attaque et la défense des places, les obusiers sont exclusivement destinés pour le jet des mobiles creux.

Le premier avantage qui résulte de cette dernière condition, et qui n'est pas le moins considérable, est l'épargne totale de la dépense des affûts à mortier et celle des hangards, pour les mettre à couvert lorsqu'ils sont en bois, et les matériaux nécessaires à leurs constructions.

En outre, il est hors de doute que les affûts à mortier, soit en fer, soit en bois, quelque solidement qu'ils soient assemblés, n'ont jamais dans le tir cette solidité d'assemblage que

donne la semelle faisant corps avec le mortier; d'ailleurs elle fatigue beaucoup moins la plate-forme sur laquelle, portant par un plus grand nombre de points, elle y distribue plus uniformément l'effort du recul, d'où résulte de ces deux importantes considérations plus de justesse dans le tir.

Dans les grandes secousses du tir, les tourillons du mortier se ploient, et quelquefois même plus d'un côté que de l'autre, ce qui dérobe alors son axe à l'aplomb qui lui est strictement nécessaire pour que le coup porte droit, inconvénient qui ne peut se rencontrer dans le service d'un mortier coulé avec semelle.

Deux moyens se présentent dans le tir des mortiers pour varier les portées : l'un qui se pratique plus ordinairement avec le mortier sur affût est en variant l'angle d'inclinaison; et l'autre, le seul praticable avec les mortiers coulés à semelle, en variant la charge de poudre. Ces deux moyens son assujettis à des tâtonnemens inévitables; mais comme il est plus aisé de peser juste que de pointer droit, ce dernier est à préférer avec d'autant plus de raison, qu'il est conforme à l'économie, puisque le mortier étant pointé sous l'angle de 45°, le plus avantageux à la portée, il lui faut toujours une moindre charge de poudre pour porter au

même but; d'ailleurs, sous cet angle maximum des portées, les différences, à erreur égale sur le pointement, y sont moins sensibles, et ces différences entre elles, toujours à erreur égale, y sont d'autant plus grandes, que l'angle d'élévation du mortier s'éloigne davantage de 45 degrés.

Parmi les nombreux avantages que présente cette nouvelle forme de mortier, le plus intéressant, sans contredit, est celui d'assurer le coup dans la direction du pointement, puisque rien ne tend à faire dévier la bombe de cette ligne; au contraire de ce qui a lieu dans les mortiers ordinaires, et même dans ceux à cône tronqué, à la vérité d'une manière moins sensible dans ces derniers, par les battemens qu'éprouve la bombe en traversant la longueur de l'âme du mortier qui la font dévier, de manière que la direction et l'angle du départ du mobile sont très-rarement les mêmes que ceux du pointement.

Il est si évident qu'un mortier construit selon cette forme doit être regardé comme indestructible, qu'il est inutile d'employer le moindre raisonnement pour le démontrer. A l'abri de tout battement, principe de destruction des bouches à feu, n'ayant que l'effort dilaniateur, instantané de la poudre enflammée à soute-

nir, et contre lequel les épaisseurs de sa matière le mettent à toute épreuve, quel accident pourroit l'endommager? quelle cause pourroit le détruire?

Si cette forme conserve si puissamment les mortiers, elle ne garantit pas moins les bombes, qui ne cassent dans les mortiers que par les violens battemens qu'elles éprouvent dans l'âme, accident qui ne peut avoir lieu ici; aussi pourroit-on, sans crainte, consommer à l'usage de ces mortiers, les bombes qui pécheroient sensiblement par défaut d'épaisseur.

Le mortier de 8 pouces pèse environ 600 livres, et demande pour sa fabrication, à cause du déchet, 660 livres de matière qui, à 25 sols la livre pesant, valent 825 livres, à laquelle somme, ajoutant d'une part 270 livres pour la fabrication du mortier, et 200 livres de l'autre pour le prix de l'affût, on aura une somme de 1295 livres.

Le mortier proposé, ne pouvant peser au plus que 550 livres, la semelle comprise, ne demandera que 605 livres de matière pour sa fabrication, qui, au prix ci-dessus, donne 757 livres, à laquelle somme, si on ajoute à toute rigueur celle de 270 liv. pour la façon (quoique ce mortier, n'exigeant pas de formes intérieures si régulières et si précises, puisse,

sans inconvénient, être coulé à noyau, et par conséquent fabriqué à bien moindres frais), on aura une somme de 1027 liv., et comme ce mortier n'a pas besoin d'affût, on aura un bénéfice de 268 livres par mortier, sans avoir égard à la plus grande durée de ce dernier, qui peut, sans exagération, être appréciée à cinq ou six fois celle du premier.

234. Avant l'invention de la poudre, les machines funiculaires étoient employées à jeter des pierres de toute grosseur. A ces machines ont succédé les bombardes, et enfin les mortiers pierriers, avec lesquels on fait pleuvoir dans l'attaque, comme dans la défense, une grêle de cailloux dans les chemins couverts, les ouvrages avancés, les tranchées, les approches, etc.

Le diamètre de l'âme du mortier pierrier est de 15 pouces, sa profondeur de 19. Sa chambre est un cône tronqué, dont le diamètre de la partie supérieure est de 4 pouces, et celui de l'inférieure de 2 pouces et demi, sa profondeur est de 9 pouces. Ce mortier n'étant pas destiné à soutenir de grands efforts, n'a point de renfort, et sa volée a environ un pouce et demi d'épaisseur.

La portée la plus avantageuse du mortier pierrier est d'environ 150 toises sous 45 degrés,

parce qu'au-delà les pierres sont trop éparpillées, et la plupart se brisent, ne pouvant soutenir l'effort qu'il faut leur communiquer. La charge de poudre est relative à la portée, et au volume de pierres qu'on veut jeter. Elle varie conséquemment, depuis une livre de poudre jusqu'à trois, que peut en contenir la chambre. On charge ce mortier de deux manières. La première en mettant un plateau de bois sur le fond de l'âme, qui reçoit et communique aux pierres qui portent dessus, l'effort de la poudre; la seconde, en mettant les pierres dans un panier d'osier, de même forme que l'âme du mortier dans laquelle on l'enchâsse.

235. Le mortier (*Pl.* IV, *fig* 6) à éprouver les poudres qui a 7 pouces 0 ligne 9 points pour diamètre de son âme est coulé avec sa semelle, sur le plan de laquelle l'axe du mortier est incliné à 45 degrés, de manière que, lorsque la semelle qui est bien dressée, porte sur une plate-forme horizontale, le mortier se trouve naturellement pointé à 45 degrés.

Comme il est de la dernière importance d'éviter ici le plus qu'il est possible les accidens qui, dans le tir ordinaire des mortiers, apportent de l'irrégularité dans les portées, on a preféré de donner 1°. cet angle d'incli-

naison au mortier, parce que dans la supposition que l'angle du départ du mobile variât sensiblement dans le tir de l'angle d'inclinaison du mortier, la portée cependant varieroit moins à même écart sous cet angle (1) que sous tout autre. 2°. Pour rendre le recul du mortier plus uniforme, la semelle est établie sur un fort madrier de bois, bien dressé, auquel ellcest assujettie aux quatre coins par de forts boulons à vis. 3°. Pour donner moins lieu aux battemens du mobile, ce mortier n'a que 8 pouces 10 lignes de longueur d'âme, et son globe qui est creux comme une bombe, mais de même matière que le mortier, est tourné, afin que le vent qui n'est que de neuf points soit le plus exact et le plus régulier qu'il est possible. Sa pesanteur, jointe à la clef qui sert à le poser dans le mortier, est précisément de 60 livres.

Sa chambre contient exactement trois onces de poudre, dans laquelle on la verse sans la presser, et sur laquelle on ne met rien que le globe qui est introduit dans l'âme, au moyen de la clef susdite, qui se visse dans l'œil du globe taraudé à cet effet.

---

(1) D'aprés ce raisonnemment, il est clair que l'angle de 35° doit être substitué dorénavant (244) à celui de 45.

CHAPITRE IV.

De la Balistique.

236. La difficulté du transport et la lenteur de l'exécution dans le service, ont restreint l'usage des bombes à l'attaque et à la défense des places où cette arme se trouve également essentielle. L'assiégeant s'en sert à inquiéter l'assiégé dans son chemin couvert, dans ses fossés, sur le terre-plein et derrière le rempart; à enfoncer les souterrains, à démonter les batteries de la place, à détruire leurs plate-formes, surtout celles qui peuvent être à l'abri du ricochet, à ruiner les magasins qui renferment les munitions de guerre et de bouche, et à mettre le feu, lorsqu'on le juge indispensable à la reddition de la place, dans les divers quartiers de la ville.

L'assiégé, de son côté, n'endommage pas moins l'ennemi par ses bombes, dans ses tranchées, dans ses approches et dans ses travaux; il n'inquiète pas moins les canonniers de l'assiégeant dans ses contre-batteries, dans ses

batteries de brèche ; en un mot, rien n'est plus destructif, de part et d'autre, dans un siége, que les bombes qui, par leurs chutes et par leurs chocs, causent bien plus de fracas que les canons, par plus de pesanteur et de volume ; d'ailleurs la bombe, en éclatant, soulève, écarte, brise, disperse tout ce qui l'environne, et ses éclats vont encore porter au loin la mort et l'épouvante.

Malgré ces grands effets, nous avons déjà observé que dans les premiers temps qui suivirent cette invention, elle fut négligée, parce que l'art de lancer les bombes se trouvoit sans principe et sans expérience, et qu'on ne s'y conduisoit qu'en tâtonnant, et à la faveur d'une pratique aveugle que l'usage antérieur des balistes et des catapultes avoit établie.

237. Le premier principe sur cet art est dû à Tartaglia, qui publia le premier que la plus grande portée du mortier avoit lieu sous l'angle de projection de 45 degrés.

Mais cette théorie naissante étoit encore bien éloignée de ce qu'elle devoit être pour être utile. L'Académie des Sciences, vu l'importance de l'objet, s'en occupa, et en 1683 M. Blondel fit imprimer *l'Art de jeter les bombes*, qui renfermoit toutes les découvertes en ce genre qui avoient été ajoutées à celles de Galilée et de

Toricelli. Depuis cette époque, plusieurs savans, tels que le père Renaud, Dulac, La Chapelle, et autres, ont cherché à compléter cette théorie, sans s'inquiéter de savoir si la pratique étoit en harmonie avec les principes. M. Belidor est celui qui y a le plus contribué sous le point de vue du bien du service, et auquel nous devons des tables très-amples, pour connoître de suite, d'après un coup-d'épreuve sous l'angle de 15 degrés, l'angle de projection qu'il faut donner au mortier pour projeter la bombe à une distance donnée, depuis celle de 20 toises jusqu'à celle de 2000; mais disons vrai, ces tables ne sont autre chose, par rapport au coup d'épreuve, que les portées de la théorie, corrigées par le tâtonnement de l'expérience, de manière à les rendre approximativement utiles à la pratique.

238. Tous ceux qui ont cherché à concilier, dans cette théorie, les calculs avec les résultats de l'expérience, se sont aperçus que les portées d'un même mobile, projeté avec une même charge de poudre et avec la même bouche à feu, étoient à proportion plus courtes qu'elles n'auroient dû l'être dans le rapport des angles doubles des angles de projection, à mesure que ces angles de projection s'éloignoient de l'horizontale ou s'approchoient de la verticale; ils

ont tous aveuglément attribué cet effet en entier à la résistance que l'air apporte à la marche du mobile.

L'air étant un milieu réellement résistant et par son ressort et par son poids, on doit en effet convenir qu'il diminue d'autant plus la quantité de mouvement, et par conséquent la vitesse des corps qui le traversent, que ces corps, indépendamment de leur volume, s'y meuvent avec plus de vitesse et plus longtemps; d'où il suit que la vitesse d'un mobile doit nécessairement d'autant plus diminuer dans l'étendue de la courbe qu'il décrit, que cette courbe augmente d'étendue, jusqu'à un certain point, avec l'angle de projection : ainsi, puisque la théorie suppose, dans ses calculs, le milieu que le mobile traverse sans résistance et la vitesse du mobile toujours la même, et sans recevoir la moindre altération dans toute l'étendue de sa trajectoire, on doit évidemment trouver, par l'expérience, les portées du mobile d'autant plus au-dessous de celles que donne la théorie, que l'angle de projection de la bouche à feu est plus élevé.

Mais doit-on de confiance, et sans autre examen, attribuer exclusivement toute cette différence à la résistance que l'air apporte à la marche du mobile qui le traverse? Il paroît

que ce doute a été agité déjà parmi les savans.

M. Robins, qui attribue tous ces effets à la résistance de l'air, blâme M. Anderson, son compatriote, d'avoir supposé, en cherchant à concilier les calculs de la théorie avec les résultats de l'expérience, que les mobiles, en sortant des bouches à feu, étoient mus selon des lignes absolument droites, jusqu'à une certaine distance, au-delà de laquelle ils commençoient à décrire leurs paraboles; ce qui supposeroit qu'en parcourant ce premier espace, les mobiles n'y seroient point en prise à l'action de la pesanteur; ce qui est contraire aux principes.

239. J'avoue que dès mes premiers pas dans la carrière militaire, je fus si fort frappé d'étonnement à l'aperçu de cette si grande différence dans les portées des mobiles, que la pratique présente toujours de moins sur les calculs de la théorie, qu'il ne m'a jamais été possible de soumettre ma raison à croire à la résistance de l'air comme l'unique et seule cause d'un si grand effet; et cette idée ayant toujours, depuis cette époque, captivé mon attention, les observations journalières que par état j'ai été à portée de faire à cet égard ayant de plus en plus fortifié mes doutes, ils se sont enfin convertis en certitude, et je me

sens depuis long-temps assez fort en preuves pour pouvoir démontrer d'une manière victorieuse que cette si grande différence, qui répugne si fort à la raison, n'est qu'imaginaire, qu'elle n'existe pas réellement par le fait, et qu'elle n'est qu'une erreur de principe sur laquelle le système du jet des mobiles militaires étant établi, doit nécessairement s'écrouler et faire place à une nouvelle théorie, affermie sur des principes plus assurés, et dont les résultats soient plus conformes aux vérités de fait que présente le tir de toute espèce de bouches à feu.

Cette assertion paroîtra sans doute très-hasardée de ma part, après la mention honorable que je viens de faire des savans célèbres qui ont élevé cette théorie, et de tous ceux qui l'ont adoptée sans restriction; mais cette injuste prévention tombera d'elle-même, lorsqu'aux preuves que je vais en donner, on se persuadera que l'erreur que je dévoile ne tient point aux principes de Galilée, mais à l'application inconsidérée qu'on en a fait à la balistique militaire, contre les principes de la mécanique.

240. Galilée, contemporain à peu près de l'époque à laquelle on a commencé à faire usage, à la guerre, de la poudre comme

force motrice des bouches à feu, fut l'inventeur des principes sur l'accélération de la chute des graves, qu'il appropria à l'art de lancer les projectiles militaires, après avoir, 1°. démontré qu'un corps pesant projeté dans le vide, ou dans l'air (mais en faisant, dans ce cas, abstraction de la résistance de ce milieu), selon une direction *BT* parallèle à l'horizon (*Pl. V, fig.* 1) par une force qui lui feroit parcourir, d'un mouvement uniforme, l'espace *AC*, dans le temps que la force de la pesanteur le feroit descendre de la hauteur *AB*; ce corps, en vertu de ce mouvement composé, décriroit une demi-parabole *AMD*, qui auroit pour axe la verticale *AB*, les lignes *GM* et *BD*, pour ordonnées, et pour paramètre, une ligne *P* quadruple de la ligne *AH*, troisième proportionnelle aux deux droites *AB*, *AC*.

2°. Et si le même corps étoit projeté avec la même force, et toutes choses égales d'ailleurs, mais suivant une direction oblique à l'horizon *BS*, il décriroit, dans ce second cas, une parabole entière *BMCNT*, dont celle ci-dessus seroit exactement une moitié.

Or, si ce corps pesant, ainsi projeté pour la première fois, étoit un boulet ou une bombe, la maxime appartiendroit donc à la balistique militaire dont Galilée seroit l'inventeur.

Mais si par suite le corps de l'artillerie, en cherchant à féconder cette maxime, a cru pouvoir la considérer, en maxime générale, par la seule raison que dans chaque calibre la charge de la bouche à feu, et sur tout angle de projection, étant toujours exactement la même dans son ensemble comme dans ses deux élémens, la poudre et le mobile (ceci n'est plus la faute de Galilée), mais une supposition illusoire parmi les artilleurs de ce temps, qui, faisant les espaces parcourus par les mobiles proportionnelles au temps, mettoient définitivement les trajectoires entre elles comme les sinus des angles doubles des angles de projection, contre les vrais principes, jusqu'à ce que, même après un laps de temps assez long, averti par les mauvais effets de cette application dans le service, on ait été tenté d'en rechercher la cause qui se présente évidemment comme il il suit.

241. Tout mobile, dans une bouche à feu, comme faisant partie de sa charge, en qualité de corps pesant, y est sous tout angle de projection, hors ceux sous l'horizontale et sous la verticale, comme portant sur un plan incliné, dont la pesanteur absolue, d'après les principes de mécanique, et la propriété du plan incliné, est à sa pesanteur relative, comme le

sinus total est au sinus de l'inclinaison du plan sur lequel le mobile est porté; ainsi donc la pesanteur absolue du mobile, loin d'être une constante dans la série, y est au contraire une constante, pour ainsi dire, en variation, puisqu'elle augmente comme obstacle dans le tir, ou diminue selon le moindre changement qui s'opère dans la direction de la pièce, dans le sens vertical.

D'après cette circonstance inaperçue jusqu'à aujourd'hui, cette maxime générale, qu'elle invalide complétement, non-seulement doit être considérée comme inadmissible dans la balistique, mais encore toute autre application dans ce genre, où les mobiles pourroient y entrer comme force constante de pesanteur dans tout angle de projection.

L'erreur la plus marquante a donc joui, pendant un assez long temps, des attributs de la vérité, à la guerre et dans les polygones des écoles du tir de l'artillerie, jusqu'à ce que les vrais principes aient fait tomber ces abus.

Il étoit bien naturel qu'après avoir été assez heureux pour découvrir l'erreur et la cause, je cherchasse, par de nouveaux succès dans la même carrière, à établir la balistique sur une nouvelle maxime entièrement conforme aux

vrais principes. Cette double occupation devant exiger tous mes moyens et mon loisir, je n'ai pu m'y livrer qu'après ma retraite; mais où malheureusement, éloigné des arsenaux et des polygones, écoles du tir, je n'ai pu trouver alors, dans ce genre d'étude, de ressources que dans mes souvenirs déjà très-affoiblis par l'âge.

Le premier objet dont j'ai éprouvé le besoin, est celui d'une expérience bien faite, marquante dans l'artillerie, autant par son motif que par son authenticité, qui pût me servir d'angle d'épreuve, pour certifier, dans l'exacte vérité, le degré de force du moteur, n'ayant pas voulu m'exposer au désaveu de toute autre expérience contemporaine.

Je me suis donc déterminé, pour plus grande assurance, à faire usage des épreuves publiques qui eurent lieu, en 1772, à Douai, parfaitement détaillées, tant dans leur motif, dans leur exécution que dans leurs résultats, qui, ayant été soumises à l'impression, à Paris, chez Jombert, libraire pour l'artillerie, à l'effet d'être communiquées à tout le corps royal de l'artillerie, en sont les plus sûrs garans.

Dans ces épreuves, on fit tirer comparativement deux pièces de calibre de 4, successivement aux charges d'une livre et demie de

poudre, de 2 livres et de 2 livres et demie, et successivement aussi avec chacune de ces trois différentes charges, sous la direction horizontale, sous l'angle de 3, de 6, de 10 et de 15 degrés de projection.

Sans entrer dans les motifs de ces épreuves, je n'en prendrai ici que ce qui m'est nécessaire, c'est-à-dire que les portées de l'une de ces deux pièces, celle de 4 de bataille; l'autre pièce, du même calibre, mais plus longue, suivant l'ordonnance de 1732, n'étant plus usitée; en observant encore que la pièce de bataille ayant tiré cinq coups consécutifs à la même charge de poudre, et sous le même angle de projection, à chaque séance, je n'en prendrai, pour ne pas donner trop d'étendue à ce tableau, que la moyenne sur les cinq coups, et seulement celle correspondant à la charge d'une livre et demie de poudre, sa charge de bataille, ce qui réduira ce tableau aux cinq parties moyennes; savoir:

Sous l'horizontale	3°.....	6°.....	10°.....	15 degrés.
Portées	197 toises.	635 toi.	848 toi.	1094 toi.	1319 toi.

242. Pour réhabiliter la balistique dans la confiance qu'elle vient de perdre, il ne me reste plus qu'à élever une formule, d'après les principes de mécanique écartés jusqu'à présent,

qui donne, d'après un coup d'épreuve, une portée sous chaque angle de projection, à peu près conciliable avec celle de la pratique; je dis à peu près, parce que, bien loin de méconnoître les effets de la résistance de l'air sur les mobiles qui traversent ce milieu par l'effet d'une projection, j'espère ci-après en tenir compte avec une précision jusqu'à présent méconnue.

On appelle portée dans l'artillerie une ligne droite comprise entre la batterie, lieu du départ du mobile, et son premier point de chute sur le terrain, sans avoir égard aux ricochets qui peuvent s'en suivre, si l'angle de projection y est convenable, ni au périmètre de la courbe décrite par le mobile dans ce trajet, quoiqu'il soit le chemin réel que le mobile a parcouru entre ces deux points.

243. D'après cette définition, il est clair que les portées se composent, pour ainsi dire, de deux élémens nécessaires, savoir : de la vitesse du mobile et du temps qu'il met à parcourir la portée; car sans ce concours, quelle que soit l'énergie de ces deux élémens en particulier, on ne peut pas dire, par exemple, qu'il y aît de portée dans la projection verticale, puisqu'il n'y existe aucun espace parcouru par le mobile dans le sens de la portée proprement

dite, toute la force communiquée au mobile dans ce tir, et dans cette unique circonstance, se consommant entièrement dans le sens de la verticale sans décomposition ; et il en arriveroit de même sous la projection horizontale, si, rigoureusement parlant, on projetoit un mobile sur un plan horizontal, tangent et contigu à la partie inférieure de l'âme de la bouche de la pièce, parce que alors le mobile ne pouvant que raser la surface du sol en sortant de la pièce, toute la force communiquée au mobile se consommeroit en ricochets.

On peut donc avancer comme un principe reçu, que les amplitudes sont, toutes choses égales d'ailleurs, quel que soit l'angle de projection, en raison composée de la vitesse du mobile et du temps employé par ce corps à décrire sa trajectoire; ce qui présente deux justes conséquences : la première, lorsque les vitesses sont égales dans toute la série, ainsi que le supposoit l'ancien système; et nous avons vu qu'alors les amplitudes étoient entre elles comme les sinus des angles doubles des angles de projection; et la seconde, lorsque les temps sont sensés égaux dans toute la série; ce qui peut se supposer de même; et alors les amplitudes, qui sont entre elles comme les vitesses des mobiles, sont en raison inverse

sous-doublée des sinus des angles de projection.

Soit A le sinus de l'angle d'épreuve, V la vitesse du mobile, et T le temps employé par le mobile à parcourir sa trajectoire; soit de même a le sinus d'un angle de projection quelconque, u la vitesse du mobile, et t le temps employé par le mobile à parcourir cette trajectoire quelconque, nous aurons TV pour représenter la trajectoire d'épreuve, et tu pour représenter la trajectoire quelconque.

Soit $S2A$ le sinus de l'angle double de l'angle d'épreuve, et $\sqrt{SA}$ la racine carrée du sinus de l'angle d'épreuve; $S2a$ et $\sqrt{Sa}$ auront des expressions analogues à l'angle de projection quelconque. Dans la première des deux conséquences ci-dessus, qui suppose les vitesses des mobiles égales dans toute la série, nous aurons $TV : tV :: S2A : S2a$; dans la seconde, qui suppose tous les temps égaux, nous aurons $TV : Tu :: \sqrt{Sa} : \sqrt{SA}$; et en multipliant par ordre, nous aurons $TV : tu :: S2A \times \sqrt{Sa} : S2a \times \sqrt{SA}$; ce qui donne l'équation suivante : $tu = TV \times \frac{S2a \times \sqrt{SA}}{S2A \times \sqrt{Sa}}$; et comme tout est connu dans le second membre, on doit le regarder comme la formule cherchée.

En mettant dans cette formule, à la place des lettres, successivement leurs valeurs numériques, correspondantes aux angles de 6, de 10 et de 15 degrés, on aura relativement à l'angle de 3 degrés, pris pour angle d'épreuve, les portées de 894 toises.... 1141 toises et de 1366 toises sous les angles de 6, de 10 et de 15 degrés; et si on continue cette substitution de degré en degré, depuis l'horizontale jusqu'à la verticale, on aura la série complète des portées du calibre de 4 de bataille, à la charge de 1,5 livre de poudre, ainsi que le présente le tableau.

Tableau des portées, de degré en degré, en prenant l'angle de projection de 3 degrés pour coup d'épreuve, aux expériences de Douai, en 1772.

Angle de projection en degrés.	Portées de l'expérience.	Portées de la théorie	
		Ancienne.	Nouvelle.
horizontal.	toises.	toises.	toises.
0,30	197	212	200
1		212	367
2		424	519
3	635	635	635
4		845	732
5		1055	817
6	845	1263	894
7		1470	963
8		1674	1027
9		1877	1098
10	1094	2078	1141
11		2276	1192
12		2471	1240
13		2663	1284
14		2852	1327
15	1319	3038	1366
16		3219	1403
17		3397	1437
18		3571	1469
19		3740	1499
20		3905	1527

Angle de projection en degrés.	Portées de l'expérience.	Portées de la théorie	
		Ancienne.	Nouvelle.
horizontal.	toises.	toises.	toises.
21	1319	4065	1553
22		4220	1577
23		4370	1601
24		4515	1619
25		4653	1638
26		4787	1654
27		4915	1669
28		5037	1682
29		5152	1692
30		5256	1702
31		5364	1710
32		5460	1716
33		5550	1720
34		5633	1723
35	*Maximum.*	5709	1724,5
36		5778	1724,4
37		5839	1722
38		5894	1718
39		5942	1714
40		5982	1707
41		6015	1699
42		6042	1689
43		6060	1679
44		6071	1666
45		6075	1653
46		6071	1638
47		6060	1621

Angle de projection en degrés.	Portées de l'expérience.	Portées de la théorie	
		Ancienne.	Nouvelle.
horizontal.		toises.	toises.
48		6042	1603
49		5015	1584
50		5982	1564
51		5942	1542
52		5894	1519
53		5839	1495
54		5778	1469
55		5709	1443
56		5633	1432
57		5550	1386
58		5460	1356
59		5364	1325
60		5256	1293
61		5152	1260
62		5037	1226
63		4915	1191
64		4787	1151
65		4653	1118
66		4515	1080
67		4370	1040
68		4220	1003
69		4065	962
70		3905	922
71		3740	880
72		3571	838
73		3397	795
74		3219	751

Angle de projection en degrés.	Portées de l'expérience.	Portées de la théorie	
		Ancienne.	Nouvelle.
horizontal.		toises.	toises.
75		3038	707
76		2852	662
77		2663	617
78		2471	572
79		2276	525
80		2078	479
81		1877	432
82		1674	385
83		1470	337
84		1263	290
85		1055	242
86		845	194
87		635	145
88		424	97
89		212	48,5
89,30		106	24

244. Quelque impérieuse que soit la force des principes que je viens d'exposer contradictoirement aux erreurs que j'ai signalées, cependant, comme pour l'ordinaire la plupart des militaires n'ont recours aux principes, dans les discussions sur l'art qu'ils exercent, qui peuvent opérer leur conviction, que lorsque quelques vérités, exposées d'avance à leur curiosité, les y ramènent; j'ai vainement cher-

SECOND TABLEAU

A l'usage de la vérification des portées, lorsqu'on y soupçonne quelque erreur ; les élémens de

32.	16. 34	×	000	=	»	»	»	78.	22. 22	×	154	=	3422	=	370. 2
33.	15. 57	×	622	=	10313	=	1718.	79.	22. 18	×	142	=	3158	=	526. 2
34.	16. 80	×	614	=	10325	=	1720. 5	80.	22. 28	×	129	=	2872	=	478. 4
35.	17. 00	×	608	=	10340	=	1723. 2	81.	22. 31	×	116	=	2591	=	431. 5
36.	17. 22	×	600	=	10330	=	1721. 4	82.	22. 35	×	103	=	2307	=	384. 3
37.	17. 42	×	593	=	10344	=	1720. 4	83.	22. 38	×	90	=	2021	=	336. 5
38.	17. 62	×	585	=	10302	=	1717.	84.	22. 39	×	78	=	1738	=	289. 4
49.	17. 82	×	576	=	10267	=	1711. 1	85.	22. 42	×	65	=	1452	=	242.
40.	18. 00	×	569	=	10236	=	1706.	86.	22. 43	×	52	=	1161	=	193. 3
41.	18. 19	×	558	=	10459	=	1693. 1	87.	22. 44	×	39	=	872	=	145. 2
42.	18. 38	×	551	=	10121	=	1686. 5	88.	22. 45	×	26	=	581	=	96. 5
43.	18. 44	×	549	=	10120	=	1686. 4	89.	22. 46	×	129	=	290	=	48. 2
44.	18. 71	×	534	=	9992	=	1665. 2	89.30.	22. 44	×	6	=	145	=	24. 1
45.	18. 88	×	524	=	9908	=	1651. 2	90.	»		»		»		»
46.	19. 04	×	516	=	9819	=	1636. 3								

Tome II, page 66.

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III NAPOLI

ché ici cet appui, que je regarde comme d'autant plus nécessaire à cette discussion, qu'il n'est pas moins question que d'entacher d'une erreur capitale une théorie élevée et professée successivement par tous les savans désignés ci-dessus, pour avoir eu part à sa formation; et il eût été bien avantageux sans doute de trouver, pour ainsi dire, dans les archives ou registres des écoles de l'artillerie, une série d'expériences avouées par l'impression, qui eût pu, par un plus grand nombre de termes, sous autant d'angles de projection divers, inspirer une confiance méritée, que la comparaison fortuite de quelques termes trop rapprochés entre eux ne peuvent faire naître.

Cependant, quelque peu de mérite que j'attribue, pour ma part, à ce changement de doctrine, elle ne me donne pas moins le titre de le défendre par l'exposé de toutes les vérités qu'une comparaison aussi impartiale que juste pourra présenter en sa faveur; et c'est à cet effet que j'ai mis en regard, dans ce tableau, les séries des deux systèmes, pour pouvoir, avec plus de succès, confronter les erreurs dévoilées avec les principes avoués qui les remplacent.

Les principes de la balistique ancienne, depuis sa création, qui date environ de trois

siècles, consistent cependant seulement dans l'adoption de la maxime générale ci-après, et dans les conséquences qu'on en avoit déduites, savoir : les amplitudes des projectoires sont entre elles, à charges égales, dans une même série, comme les sinus des angles doubles des angles de projection, c'est-à-dire que la portée, par exemple, sous l'angle de projection de 15 degrés, est à celle sous 20 degrés, comme le sinus de 30 degrés double de l'angle de 15 est au sinus de 40 degrés double de l'angle de 20 degrés; et quant aux conséquences, elles en dérivent comme il suit :

Comme le sinus du double de 45° est le sinus de 90° ou du sinus total, la plus grande amplitude est celle sous 45°.

Les angles de 15 et de 75 degrés, comme complément l'un de l'autre, ont les mêmes portées, et sont comme tous ceux qui se trouvent dans la même circonstance, également éloignés de 45 degrés 2 à 2.

Les mêmes angles de 15 et de 75 degrés ayant pour le double de leurs sinus le sinus de 30 degrés, moitié du rayon du cercle, leur portée est la moitié de celle de 45 degrés.

Dans tous les ouvrages classiques sur l'artillerie, on professe encore en France les mêmes principes et les mêmes conséquences; et les

ouvrages périodiques sur cette science et sur cet art, si je puis désigner ainsi le Manuel et l'Aide-Mémoire, qui en faisoient à peu près les fonctions, ne s'en étoient encore écartés en rien depuis leur dernière édition, en 1792 pour le Manuel, et 1801 pour l'Aide-Mémoire; ce qui m'autorise à les désigner, quant à leurs opinions à cet égard, comme partisans de l'ancien système; quant à mon opinion, elle est ici assez fortement prononcée pour être autorisé à la présenter comme une opinion nouvelle.

245. Ayant prouvé que la maxime générale sur laquelle se fonde la théorie de l'ancienne balistique est contraire aux principes de la mécanique, je puis hardiment conclure que l'artillerie, non-seulement n'a plus de balistique en France, mais même qu'elle n'y en a jamais eu de bonne, puisque les mêmes principes qui invalident aujourd'hui cette première, ont existé de tout temps avec la même énergie et la même autorité de principe; et comme ce sont ces mêmes vérités que je défends, je me crois autorisé à présenter au corps royal de l'artillerie, avec succès, ce nouveau corps de doctrine, soumis à toute l'influence des nouvelles découvertes qui peuvent y avoir quelques rapports.

Après avoir justifié ces changemens par l'autorité des principes, je vais, autant qu'il me sera possible, tâcher d'y ramener la confiance, par les éclaircissemens que réclament pour l'ordinaire, dans de pareilles circonstances, les effets inaperçus ou les expériences nouvelles, qui, mal connus dans leurs motifs, paroissent se contredire.

246. Nous voici parvenus aux importantes révélations de l'expérience qui m'ont mis la plume à la main, après avoir été forcé de la quitter, sinon positivement par ordre, mais du moins par un témoignage public de désapprobation, dont l'effet ne pouvoit être douteux alors dans l'artillerie, mais dont j'espère aujourd'hui un bien meilleur accueil de son libre discernement.

Soit *B* un boulet de calibre portant sur le plan incliné *ab*, représenté (*Pl.* XII, *fig.* 3) par la section des parois inférieures de l'âme de la pièce, par un plan vertical, passant par l'axe sur lequel est porté ce boulet; par le point de contingence *c*, soit mené le diamètre *cd*, il sera perpendiculaire au plan incliné *ab*; et par le point *d*, extrémité de ce diamètre, soit menée la verticale *de*.

D'après cette disposition, il nous est démontré, 1°. qu'en considérant le mobile *B*, par sa

pesanteur, comme un obstacle dans le tir à la force explosive et expansive du fluide élastique, force motrice; sa pesanteur absolue étant représentée, tant par sa force que par sa direction, par l'hypoténuse *de* du triangle rectangle *cde; ec* représentera tant par sa force que par sa direction, la partie de cette force qui agit parallèlement à l'axe de la pièce dans le sens *ba;* et *dc*, celle qui pèse, tant par sa force que par sa direction, sur le point *c* des parois inférieures de l'âme *ab*.

247. Pour remplir convenablement l'objet important dans lequel nous allons nous livrer, nous avons à considérer le tir des bouches à feu sous les points de vue les plus essentiels qui aient rapport à la balistique, que nous réduirons à trois points consécutifs et très-distincts, malgré que l'exécution, dans leur ensemble, s'opère dans un temps très-court, savoir:

1°. L'action de la charge de la poudre dans l'âme de la pièce, qui comprend successivement son inflammation subite, son entière combustion et la communication rapide à la ronde de cette force éminemment élastique par sa nature, et qui a lieu à la faveur de son développement naturel, par le jeu des affinités, sur l'obstacle à son expansion dans l'âme (la

pesanteur de la charge) qui s'y trouve soumis, jusqu'à ce que forcé de céder la place au fluide élastique, ce puissant moteur, qui l'en expulse, il ait pu s'échapper par la bouche de la pièce, la seule issue d'intention ménagée à la sortie.

2°. La portée du mobile, effet résultant de cette communication de force, dont le caractère spécifique est l'expansibilité propre, et dont ayant été comme frappé dans la pièce, par ce moteur, lui fait parcourir à sa sortie un espace d'autant plus long dans l'air et dans la direction de l'axe de la pièce, que cette communication a pu avoir lieu dans l'instant le plus près de la primitive intensité de la force du moteur.

Et 3°. le mobile répandant dans sa course le caractère d'expansibilité, de la même manière qu'il lui a été communiqué dans la pièce, c'est-à-dire, par tous les points de sa surface; cette excentrique émanation repoussant les parties atmosphériques qui, en sens contraires, s'opposent à son passage, ce mobile en éprouve une altération dans la vitesse de sa marche, dont le résultat est un mouvement rétrograde, ou un déchet dans la longueur de la portée attribué à la résistance de l'air.

Après avoir, pour ainsi dire, tracé notre marche, passons à son exécution.

248. Nous avons traité ailleurs de la fabrication de la poudre de guerre, et nous avons ici à nous entretenir un instant de la manière de l'employer comme charge, dans l'intention d'en tirer le meilleur parti, ou la plus grande force dont elle est susceptible dans le tir des bouches à feu.

Une même qualité de poudre, prise parmi celles reçues dans les magasins du gouvernement, employée en même quantité, comme charge, dans une même bouche à feu, et en tout point chargée de la même manière, pour projeter un mobile de calibre, est considérée dans l'artillerie, sans erreur sensible, comme une force constante, surtout depuis la forte garantie que les derniers succès de l'administration des poudres en ont fournis par des progrès; et il est passé en principe, que dans la circonstance où la sûreté du service exigeroit cette assurance, un coup d'épreuve suffiroit pour l'acquérir, lorsque toutefois cet angle d'épreuve seroit rigoureusement assujetti à toutes les conditions exigées ci-dessus.

La poudre, par son poids et par l'homogénéité de forme de ses parties intégrantes (les grains), coule comme un liquide, lorsqu'on la verse d'une capacité dans une autre; et cette propriété est d'autant plus précisieuse, que

les charges de poudre qui en jouissent, n'occupent dans l'âme des bouches à feu que le moindre volume possible, en s'y moulant, pour ainsi dire exactement, et sans y contracter, en s'y introduisant, le moindre poussier qui, dans le cas contraire, et surtout lorsque cette charge restant quelque temps dans le canon, dans des temps humides, ce poussier peut s'y agglutiner, et successivement s'agglomérer, et détruire par là la porosité naturelle de la poudre, si essentielle à une prompte inflammation, qui est naturellement au volume de la poudre, comme 10 : 11.

Autrefois, et même seulement de nos jours, dans un principe bien mal entendu, on bourroit inconsidérément les charges, dans l'idée que le tassement que ce bourrage opéroit dans leur volume, influant nécessairement plus de densité dans la masse entière, il devoit en résulter une plus grande force d'explosion dans le tir; mais ce résultat ayant été mieux aperçu dans la pratique, et mieux jugé dans la théorie, le bourrage est actuellement presque entièrement interdit dans le service du canon, et les instans que le service gagne, le boute-feu allumé à la main, par cette heureuse réforme, quoique bien courts, sont cependant d'autant plus précieux, qu'ils s'écouloient alors sous

Digitized by Google

les plus grands dangers pour les canonniers.

Nous rappellerons ici brièvement que la poudre enflammée étant un fluide expansif, sa force est proportionnelle à sa densité; que le maximum, ou le plus grand degré de son impulsion répond à son premier instant d'expansion; que son inflammation, comme charge, n'étant point instantanée, son entière combustion exige encore un temps plus long; mais cependant il est encore trop rapide pour être sensible autrement que par le calcul; la force de la poudre, dans le tir, se communique au mobile dans la capacité de l'âme de la pièce par des impulsions instantanées, successives, jusqu'à l'équilibre; et pour donner une idée de la promptitude et de la force de ces communications, on en trouvera des exemples dans les expériences de M. Lombard, citées dans cet ouvrage.

Après avoir ainsi rappelé brièvement au souvenir les principes sur lesquels nous pouvons avoir recours pour faire connoître comment, et successivement, dans une même série, une même charge de poudre comme force constante, satisfait complétement, par le secours du temps, à toutes les diverses variétés de la résistance qui se présentent dans le tir de degré en degré, je vais préliminairement à cette

Digitized by Google

disposition, désigner en quoi les principes sur l'accélération de la chute des graves, dont Galilée est l'inventeur, participent dans le tir des bouches à feu, à la direction de leurs mobiles; puisque sans ce secours ils iroient, en vertu de la force impulsive de la poudre qui leur est communiquée dans la pièce, en traversant, sans aucune préméditation, la couche atmosphérique qui y pèse dessus, dans le sens de la projection, errer dans le vague de l'air à raison de leur force d'inertie.

249. Galilée, imbu du principe immuable de la nature que tout corps pesant livré à la force d'inertie, soit en état de mouvement ou de repos, devoit résister à tout changement d'état; mais étonné cependant de voir l'inexécution de ce principe à l'égard des mobiles projetés par la force de la poudre enflammée; livré à son imagination, dans la vue de la solution de ce problème, aussi éclairée que féconde, elle ne tarda pas à lui en dévoiler la cause, d'abord occulte par la connoissance de ses effets, qui, mûrement calculés par les conséquences qu'il sut en déduire, le mirent bientôt dans le cas de mettre au jour la doctrine, très-précieuse dans les sciences et les arts, des principes sur l'accélération de la chute des graves les mieux établis sur l'expérience, qu'il

Digitized by Google

appliqua de suite, comme une heureuse découverte à la balistique militaire, après avoir prouvé, par les faits les plus rassurans, comme bases de sa théorie, les principes ci-après :

1°. Que lorsque les mobiles projetés par l'explosion des charges étoient entièrement sortis de leurs bouches à feu, après avoir reçu, par communication du fluide élastique enflammé la force, et par conséquent la vitesse dont ils sont susceptibles à raison de leurs masses, ils étoient alors en prise à deux forces réunies pendant leur course, dont la première, la force explosive de la poudre enflammée, leur faisoit parcourir d'un mouvement uniforme, dès leur sortie de la pièce, des espaces égaux en temps égaux, dans le sens de la direction de l'angle de projection, tandis que la seconde de ces deux forces, la force de la pesanteur, qui est inhérente à tout corps pesant, leur fait simultanément parcourir, mais d'un mouvement uniformément accéléré de haut en bas, selon la direction naturelle de la pesanteur, 15 pieds dans la première seconde de son mouvement, ou, ce qui revient au même, le premier terme de la progression arithmétique des nombres impairs, le second terme de ladite progression dans la deuxième seconde de son mouvement, et ainsi de suite, dans chaque terme de ladite

Digitized by Google

progression arithmétique, le terme correspondant à chaque nouvelle seconde du mouvement du mobile, jusqu'à sa chute qui termine sa trajectoire.

Soit pour plus d'intelligence (*Pl. XII, fig.* 5), le triangle rectangle *abc*, pour représenter le plan d'un angle de projection à suivre dans le tir, par le mobile, avec une vitesse uniforme, en vertu de la force acquise par l'explosion d'une charge de poudre au tiers du poids du boulet, il est évident que d'après la première loi, applicable à la force de l'inertie, reconnue comme immuable dans la nature, le mobile seroit destiné à suivre l'indéfinie *ab*, sans aucune déviation quelconque; mais comme l'inexécution de cette loi a été reconnue et démontrée par l'expérience de tous les temps, et dont la cause, dans son opposition, a été reconnue et démontrée par ses effets par Galilée, et ensuite mûrement calculée dans ses diverses intensités, comme ci-dessus, il est évident que lorsque le mobile, en vertu de la force acquise par la force explosive, parcourra, en montant, la ligne *ab*, selon la direction du plan de projection, la force de la pesanteur, comme force subsidiaire directrice, lui fera parcourir, d'après l'expérience d'un mouvement uniformément accéléré, mais en sens

Digitized by Google

contraire de la force expansive, c'est-à-dire de haut en bas, des espaces verticaux à raison des carrés des temps.

De manière que par ce mouvement composé le mobile sera déterminé à s'avancer d'un mouvement uniformément accéléré, en montant, dans le sens de ladite projection, en décrivant une ligne courbe *aec*, dont l'origine ou le départ du mobile répond à la bouche de la pièce, et la fin ou l'extrémité correspondante au point de chute *C* (Tableau placé à la fin dudit ouvrage).

Comme l'état où se trouve actuellement notre travail nous désigne forcément le calibre de 4 de bataille, vers lequel il nous a été seulement possible de diriger notre confiance avec sûreté, faute d'aucun des quatre autres calibres supérieurs qui, malheureusement et sciemment, se trouvent infestés des erreurs de l'ancien système, sans pouvoir, par la même raison, excepter de cette espèce de réprobation un ouvrage sur l'artillerie, très-recommandable d'ailleurs, dans lequel des formules élevées par l'auteur, d'après les vrais principes, fournissent cependant des résultats absurdes par leurs applications à l'ancien système, c'est-à-dire des vitesses initiales près de trois fois plus fortes,

Digitized by Google

à même charge de poudre, que dans le nouveau et sous le même angle de projection.

Ce n'est donc pas, comme on pourroit le croire, par une prédilection rigoureuse, par esprit de parti, mais par une nécessité indispensable, que je me vois forcé à cette sévère restriction.

250. La poudre de guerre absolument inerte par sa nature dans la pièce avant le tir, est, dans cette action, transformée, avec la promptitude de l'éclair qui lui donne naissance, en un fluide élastique enflammé et éminemment expansif, auquel, à cet égard, rien ne ressemble, si ce n'est le calorique rayonnant dont il abonde par composition.

Dans son expansion, ce fluide fait toujours irruption du côté le plus foible; ce qui règle alors l'effort commun que supportent les résistances environnantes sans y céder. C'est donc toujours du côté de la bouche de la pièce que l'effort réel et effectif se dirige selon le but de l'action principale, qui est la projection du mobile, et qui, quoique le premier en tête contre cette force infiniment supérieure, est toujours cependant devancé, dans son premier déplacement dans l'âme, par une partie du fluide enflammé, échappé avec force par la

Digitized by Google

lunule qui se forme accidentellement dans la partie supérieure de l'âme, au-dessus du logement du boulet, par le concours de la différence des cercles de l'âme de la pièce et du boulet, connue et désignée dans l'artillerie par le nom de vent du boulet.

Les fluides élastiques exerçant leurs actions en tous sens et perpendiculairement, et en raison des surfaces pressées, celui-ci exerce simultanément, dans le tir et dans la pièce, à peu près deux forces égales, mais en sens diamétralement opposés; l'une, sur le mobile dans le sens de l'axe de la pièce, qui donne lieu à la portée de ce corps; la seconde, perpendiculairement sur le cercle du fond de l'âme, qui donne lieu au recul de la pièce et de ses dépendances, qui s'exécute sur la plate-forme, au moyen des rouages de l'affût qui en facilitent l'exécution.

Dans toute la durée de l'action du fluide élastique enflammé dans la pièce, la communication de sa force étant en raison des surfaces pressées, elle consiste ici en une surface cylindrique égale à celle de l'âme de la pièce, jointe à celle d'un grand cercle de boulet, qui est réellement la seule partie de cette grande surface, utile à l'intention; tout le reste y étant préjudiciable, plus ou moins, à la durée de la

pièce, et à celle de son affût et dépendances, par les dommages qui en résultent dans le peu de temps que dure le transport violent du mobile de son logement dans la pièce, à environ 4 pouces du fond de l'âme, à la bouche de la pièce.

Il est à remarquer que ce ne sont pas les parties qui restent immobiles dans ces violentes commotions du tir, qui sont les plus ménagées sous ces pressions symétriques qui les supportent, puisque c'est ordinairement par les dommages encourus sur les parois de l'âme dans le tir, par les mobiles, que les pièces périssent.

Cette partie du fluide élastique enflammé, ainsi échappée du fond de l'âme, est non-seulement en pure perte, pour l'intention; mais il y devient très-sensiblement contraire dans ce passage forcé au-dessus de la partie supérieure du mobile, en y exerçant un dommage notable connu dans l'artillerie, depuis peu de temps, par son effet, qui est un refoulement de matière sur la partie inférieure de l'âme, sur laquelle pose le mobile, et sous laquelle il s'enfonce graduellement à chaque coup, en y creusant une cavité curviligne de laquelle il ne peut plus sortir, lorsqu'elle est sensiblement profonde, sans bondir selon la tangente de

Digitized by Google

cette cavité vers les parois supérieures opposées de l'âme; ce qui, immanquablement, donne lieu, dans le tir, aux battemens, aux éraflemens simples, à vives arêtes et autres dégradations majeures, ou dépérissemens, énumérés dans l'article des épreuves ordinaires et extraordinaires des bouches à feu, auxquelles je suis obligé ici de renvoyer pour éviter de trop longues digressions.

Ce vice est d'autant plus à redouter, qu'étant le plus précoce dans ses mauvais effets, il est encore la source de tous les autres, ne devant, pour ainsi dire, ses funestes avaries qu'au concours inévitable dans la construction des formes cylindriques de l'âme de la pièce, et de celle sphérique des mobiles.

En vain a-t-on cherché quelques palliatifs à ce défaut, maniés même par les Kellers, célèbres fondeurs, qui vinrent s'établir à Douay pour le service de l'artillerie, vers la fin du seizième siècle, ils sont tous restés sans succès; et dans l'état où se trouve actuellement la science, le seul espoir qui se présente, est celui de pouvoir convaincre en peu de mots, comme ci-après, que ce vice inhérent, comme nous l'avons déjà dit, au concours des formes cylindriques et sphériques, ne laisse entrevoir aucun moyen à l'art de s'en débarrasser, mais l'unique

Digitized by Google

consolation de pouvoir prouver, comme il suit, cette fâcheuse vérité.

Nous avons déjà eu occasion de faire remarquer que tout corps pesant, en vertu de sa force d'inertie, résistoit constamment à un changement d'état, soit de mouvement ou de repos; changement qui, pour l'obtenir, exigeoit une certaine quantité de force, et par conséquent un temps, quelque petit qu'il fût; mais comme le fluide moteur de la poudre n'a besoin d'aucun délai de cette sorte, puisque dans le tir le premier instant de son existence est celui de sa plus grande force, il suit évidemment de cette propriété naturelle qu'il doit toujours devancer, et qu'il devancera toujours dans toute circonstance, par une expansion sans exemple dans sa promptitude, le mobile dans son premier déplacement dans l'âme, en s'insinuant, comme vers le côté le plus foible, entre le boulet et la partie supérieure de l'âme, en y exerçant sur son passage une pression d'autant plus forte, qu'il jouit alors, par sa nature, presque de toute sa densité primitive, et qu'on fait encore à contre-sens, dans la construction des bouches à feu, d'autant plus d'effort pour en rétrécir l'issue.

Pour donner quelque crédit à ce que j'avance ici, je ferai remarquer en passant que, malgré

Digitized by Google

l'importance majeure des mauvais effets et très-pernicieux de ce vice de construction, et malgré les précautions évidentes prises par les fondeurs pour en diminuer du moins les effets, ce vice est néanmoins resté inconnu des artilleurs jusque de nos jours; ayant assisté moi-même à la première notion officielle qui en fut donnée, par ordre, au corps royal de l'artillerie, sur le dommage primitif et précoce que l'enfoncement des parois de l'âme au logement du boulet, qui s'aggravoit si rapidement dans le tir, occasionnoit surtout aux pièces de place et de siége.

Mais ce qui paroîtra sans doute bien remarquable, c'est que cet avis ou cette leçon officielle fut donnée à Metz à la brigade de loyauté, après la guerre de sept ans, dans laquelle alors j'avois l'honneur d'être lieutenant, par M. Maritz, pour lors directeur des fontes de France, qui venoit très-récemment d'attribuer à ce vice destructeur la plus grande énergie, en réduisant en général les vents des pièces de canon; savoir : celui de 24, qui avoit été très-sagement porté par l'ordonnance de 1732 à 27 lignes, à celui de 18 lignes; celui de 16, de 24 lignes, à celui de 18 lignes, et celui de 12 et de 8, de siége, également comme les deux autres à 18 lignes.

Enfin ce fut pour la première fois que l'enfoncement au logement du boulet ayant été ainsi publiquement manifesté, fut proclamé, sondé, et fidèlement apprécié, et dans sa cause et dans ses effets, à la faveur des instrumens à ce destinés, dont M. Maritz se disoit l'inventeur, et qui cependant pour la plupart ont déjà, et depuis long-temps, été remplacés par d'autres, comme plus sévères et plus exacts.

Dès l'instant que le mobile est hors de la pièce, toute communication de force cessant, le recul s'achève, et là commence, avec la course du mobile, l'effet de la résistance de l'air sur la marche du mobile.

251. J'ai l'avantage, en débutant dans cette seconde partie de l'examen que j'ai entrepris, par la comparaison des quatre vérités de fait que m'ont fournies les expériences de Douay en 1772, avec les quatre portées correspondantes déduites en 1811 de notre formule générale, qui sont les portées; savoir : horizontale sous 3, 6, 10 et 15 degrés, que je rapporte ici pour persuader mes lecteurs de leur identité.

Supposons une pièce de campagne du calibre de 4, en batterie sur une plaine d'une assez grande étendue et sensiblement horizontale, et sur une plate-forme qui élève l'axe de la pièce dans une situation horizontale, à trois

Digitized by Google

pieds au-dessus du niveau de ladite plaine.

Si, après avoir chargé cette pièce d'une livre et demie de poudre, sa charge de bataille, et à boulet roulant de calibre, et l'avoir pointée horizontalement avec toute l'attention possible, on y met le feu pour en connoître la portée, on la trouvera, en la mesurant soigneusement après le tir, de 198 toises; ce qui, à raison de 0,44' de temps de chute par trois pieds de hauteur, revient à une vitesse initiale du mobile de 2700 pieds par seconde de temps (Tome I, pag. 271).

Comme rien ne peut contrarier d'aucune manière ce résultat, si ce n'est les accidens imprévus qui tiennent constamment à la pratique de l'artillerie, mais d'une manière très-variable, quelles que soient les précautions prises, je vais passer de suite au coup suivant.

Si ce premier coup de canon, sous la projection horizontale, présente dans le tir la plus grande vitesse à laquelle puisse atteindre le mobile, dans tout autre angle de projection de la série; il nous présente aussi pour résultat la plus courte de toutes les portées, comme la plus courte durée de toutes les actions, par la très-petite distance de 3 pieds de chute qui existe dans le sens vertical entre la bouche de la pièce et le sol sur lequel elle est en batterie;

de manière que pour le second coup, pour peu que la portée doive se trouver plus longue que dans le premier, il est indispensable, pour l'obtenir, de lever à proportion la bouche de la pièce au-dessus du plan de chute.

Mais comme alors l'angle de projection s'élève, le temps s'agrandit pour son exécution, et la résistance à l'explosion qui provient d'une plus grande pesanteur de la charge, augmentant d'intensité, doit diminuer de vitesse, puisque la charge de poudre est une force constante dans la série; et le tout a pour résultat successif, à chaque coup, à mesure que la direction s'élève, une diminution de vitesse vis-à-vis d'une augmentation progressive dans le temps d'exécution, d'où il résulte une augmentation progressive dans le produit TV, qui représente la portée que nous supposerons ici pour ce second coup, pour en déterminer l'étendue, appartenir à l'angle de projection de 1°., et alors nous aurons, d'après la formule générale, $49{,}45 \times \frac{S\,2a}{\sqrt{S\,a}} = 49{,}45 \times \frac{13200^{pi.}}{2.96} = 2204^{pi.} = 367.2$ toises pour la longueur de ladite trajectoire de 1°.

En nous élevant ainsi de degré en degré, nous passerons successivement par les angles de 3, de 6, de 10 et de 15 degrés, qui sont re-

connus, par leurs portées, identiques à celles de la formule générale comme vérité de fait, d'après la comparaison qu'on peut en faire ici. (Tome II, page 58.)

Nous observerons en passant, par rapport à l'angle de projection de 15 degrés, combien l'application de la théorie de la parabole au tir du canon, et surtout au jet des bombes, est vicieuse et contraire au bien du service; puisque dans aucun temps la loi placée à la tête du Bombardier français n'a pu se réaliser, puisqu'il n'est pas vrai que la portée, sous 15 degrés, soit la moitié de celle de 45 degrés; ce qui vérifie et assertiore ce que j'ai déjà dit de ces tables. « Elles ne sont autre chose, au-dessous du coup » d'épreuve (sous 15 degrés), que les portées » de la théorie corrigées par le tâtonnement » de l'expérience, de manière à pouvoir les » rendre approximativement utiles par la pra- » tique. »

Citation.

Bombardier français, format *in*-12, à l'usage des polygones, 1731.

AVERTISSEMENT.

(*Pag.* 1, *ligne* 22.) Or pour les bien entendre il faut être prévenu,

1°. Que la plus grande portée du mortier,

avec quelque charge que se soit, est celle où la bombe sera jetée sous l'angle de 45 degrés.

2°. Que la portée sous l'angle de 45 degrés est double de celle sous 15 degrés.

Nouveau système.

Portée sous l'angle de 45°	1653 toi.... $\frac{1611}{2}$ =	826,5 toi.
Portée sous 15 degrés...	1366.....	1366,0
Erreur de l'ancien système sur cet article.....		539,5 toi.

252. Supposons maintenant qu'en continuant notre examen, en nous élevant encore, il soit question de tracer la trajectoire de 30 dégrés, c'est-à-dire que la direction de la pièce étant donnée, et sa distance directe de la batterie au but connue, l'espace réel que doit parcourir le mobile, en sortant de la pièce pour arriver de la batterie au but, soit exprimé par une figure.

Soit le triangle rectangle *RED*, dont les trois angles sont connus, par la seule désignation de l'angle de projection de 30 degrés et soit la verticale *ED* opposée à cet angle, égale à 981 toises = 5886 pieds, nous aurons $\sqrt{\frac{5881}{30}}^{2pi.}$ = $14^{s.}$ = $T^{s.}$ égale au temps employé par le mobile à parcourir la trajectoire dans le tir.

Cela posé, il est évident que si le mobile

étoit uniquement mû dans le tir par la force impulsive de la poudre enflammée, il parcourroit d'un mouvement uniforme, dans le temps entier T l'espace entier $RE = 11778$ pieds sans aucune déviation, en vertu de sa force d'inertie.

Mais le mobile, comme corps pesant auquel la force de la pesanteur est inhérente, et qui agit sur lui lorsqu'elle le trouve, comme dans ce cas-ci, libre dans le sens de l'action de cette force qui est la verticale, ce corps dès l'instant qu'en vertu de la force impulsive il est sorti de la pièce, obéissant à cette seconde force, il parcourt simultanément, 1°. en vertu de la poudre, d'un mouvement uniforme, en montant selon RE, l'espace RG, le quart de RE, dans le temps $\frac{T}{4}$; et 2°. en descendant, selon la verticale d'un mouvement uniformément accéléré, et dans le même temps $\frac{T}{4}$, en vertu de la force de la pesanteur, la verticale $GH = \frac{CB}{4}$, de manière qu'à la fin du temps $\frac{T}{4}$, le mobile arrive au point H par ce mouvement combiné, après avoir parcouru la première partie RH de la courbe.

Le mobile en continuant son vol à partir du point H, parcourroit dans le même temps

$\frac{T}{4}$, et d'un mouvement uniforme dans une direction parallèle à la primitive RE, l'espace HI égal à $\frac{RE}{4}$; si la force de la pesanteur qui agit continuellement sur lui ne le forçoit à descendre, dans ce second temps, selon la verticale de la partie $IC = 3\,GH$, conformément au principe sur l'accélération de la chute des graves; ce qui porte le mobile à la fin du temps $\frac{T}{2}$ sur le point C, et comme le temps $\frac{T^2}{2}$ de la montée du mobile, selon RA, est de $\frac{T}{2}$, celui de la descente vers AD est égal à ce premier $\frac{T}{2}$; le point A est donc le point de partage, et le point C où arrive le mobile à la fin du temps $\frac{T}{2}$, est le point culminant de la courbe.

D'où continuant sa course suivant la parallèle CK à la direction primitive RE, il arriveroit à la fin du temps $\frac{T}{3}$ au point K, si comme nous l'avons déjà observé, la force de la pesanteur ne le dérangeoit continuellement de sa direction primitive, pour le diriger dans le sens de la verticale, dans le rapport des carrés des temps; et ici dans cette troisième partie $= \frac{T^2}{3}$, de cinq $CH = KL$; de

Digitized by Google

manière que le mobile à la fin de cette troisième partie du temps arrive au point L, quatrième point de la trajectoire.

Enfin, du point L le mobile se dirigeant toujours parallèlement à sa direction primitive LM, arrivera à la fin du temps $T = 14^{s.}$ au point D, après avoir simultanément parcouru dans cette dernière partie de temps $\frac{T_{s.}}{4}$ d'un mouvement uniforme la droite $LM = RE$; et en tout RE $11778^{p.} = 1963^{toi.}$ dans le temps entier $T = 14^{s.}$; et 2°. d'un mouvement uniformément accéléré, la droite $MD = 7GH$, et en tout, dans le temps entier, $T = 14^{s.}$; $ED = 5886 = 981^{toi.}$ *c. q. f. d.*

Il est à remarquer que ce tracé sera d'autant plus conforme et exact, qu'il sera le résultat d'un plus grand nombre de points ainsi successivement établis d'après les principes.

253. Comme en nous élevant jusqu'au 25°, et même seulement jusque au-dessus du 15°, nous avions déjà outrepassé les trajectoires les plus usitées dans le tir du canon, puisque au-dessus de cette dernière projection les ricochets n'ont presque plus lieu; si cependant nous nous élevons encore, c'est pour marcher avec plus de méthode, pour ainsi dire, à la

Digitized by Google

rencontre du point culminant de la série, encore problématique pour le plus grand nombre des artilleurs, mais que notre nouvelle théorie place, d'après les principes les plus authentiques, à la hauteur seulement de 35°.

Supposons que, dans la vue de porter la conviction sur cette vérité, il soit ici question de tracer la trajectoire sous l'angle de 35°.

Soit ARB un angle de 35° dont le rayon RA est par la construction de $1052^{toi.} = 6312^{pi.}$, nous aurons AB, comme côté opposé à l'angle de projection égal à $362^{toi.} = 2172^{pi.}$, et $RB = 5171^{pi.}$ comme complément de 35°.

Or $\frac{\sqrt{AB}}{30} = T^{v.} = 17^{s.}$ de temps, égal à celui employé par le mobile à parcourir sa trajectoire ; et si on divise AB en deux parties égales au point C, le point culminant de la courbe, la partie inférieure CB sera l'axe, et la partie supérieure $CA = 1086^{pi.}$ sera la sous-tangente ; et comme le point R est le point du départ du mobile dans le tir en sortant de la pièce, et le point D son point de chute sur la plaine qui termine sa course, ces deux points seront les deux points de contingence des deux tangentes collatérales de 35°, et en même temps les deux extrémités de la trajectoire et de son amplitude, égale à $2 \times 5171^{pi.} = 10342^{pi.} = 1723^{toi.}\ 3$.

Digitized by Google

Tout est donc conforme dans ce tracé au tableau de la série du calibre de 4.

Si on emploie et les mêmes raisonnemens et les mêmes procédés, relativement aux tracés de deux trajectoires de 34° et de 36°, qui sont l'une et l'autre les deux intermédiaires de celle de 35°; on trouvera que la longueur de la première est de 1720$^{toi.}$ 3$^{pi.}$, et que celle de la seconde est de 1721$^{toi.}$ 4$^{pi.}$; et comme de part et d'autre les trajectoires adjacentes décroissent, soit qu'on avance en montant ou en descendant; il est donc reconnu comme une vérité de fait incontestable, que la portée sous l'angle de 35° est la plus longue, ou le maximum des portées, des degrés entiers dans la série du calibre de 4; faculté qui, d'après l'expérience et les calculs, se trouvant la même dans les cinq calibres, nous a d'abord fait présumer qu'elle devoit être le résultat de quelque cause physique, continuellement en action, mais inaperçue jusqu'à aujourd'hui, qui, d'après de plus amples recherches et de plus nombreuses applications, nous a mis en état de prouver, comme ci-dessous, que cette uniformité étoit uniquement due à la résistance de l'air, comme cause constante à l'obstacle à l'explosion de la poudre enflammée.

254. Une colonne d'eau de 32 pieds de han-

teur, soutenant, d'après l'expérience, une colonne atmosphérique de même base; et la pesanteur spécifique de l'eau étant à celle de l'air atmosphérique comme 70 : 0,078 :: 897,4 : 1, il est évident que la hauteur d'une colonne atmosphérique, au-dessus de la surface de la terre, doit être de 28716,8pi., d'où il résulte que cet air doit se précipiter dans le vide, à la surface de la terre, avec une vitesse initiale de 1312 pieds par seconde.

Newton a démontré que lorsqu'un corps est mu dans un fluide qui occupe l'espace que le corps, dans son mouvement, laisse derrière lui, avec tant de promptitude, qu'il ne peut jamais y avoir de vide un seul instant; la résistance que ce fluide apporte au mouvement de ce corps, étoit comme le carré de la vitesse avec laquelle le corps se meut; mais que si ce corps est mu dans un fluide qui tarde quelque temps à remplir la place que le corps vient d'abandonner, comme alors le corps en mouvement est obligé de soulever le poids entier de la colonne du fluide qui pèse sur lui, la résistance qu'il éprouve dans sa marche devient quatre fois plus grande que dans la première supposition, c'est-à-dire que si un corps mu dans le premier milieu avec une vitesse comme 1 avoit éprouvé une rési-

Digitized by Google

stance comme 1 de la part du milieu, et qu'il vînt ensuite à se mouvoir dans le second milieu avec une vitesse comme 3, la résistance du second milieu ne seroit pas seulement comme 9 carré de 3, mais comme $9 \times 4 = 36$.

D'après ces principes, il est évident que tant que les mobiles ne sont projetés qu'avec une vitesse inférieure à celle avec laquelle l'air atmosphérique se précipite naturellement dans le vide à la surface de la terre, comme ils n'éprouvent alors de la part de ce milieu qu'une résistance en raison du carré de la vitesse, leurs portées peuvent sensiblement augmenter avec leur vitesse initiale; mais lorsqu'ils sont projetés avec une vitesse supérieure à celle de l'air, comme la résistance qu'ils éprouvent alors dans ce milieu, devient tout à coup quatre fois plus grande que dans le rapport du carré de la vitesse, il est clair qu'à une très-grande augmentation dans leur vitesse initiale ne peut correspondre qu'une petite augmentation dans la portée, laquelle même doit être presque toujours couverte par les irrégularités que présente, presque toujours, la force de la poudre, et par tous les accidens imprévus qui jettent plus ou moins de disparité dans les portées.

Cela posé, soit une pièce de bataille de 4 chargée, selon l'ordonnance, d'une livre et demie de poudre, sa charge ordinaire, et d'un boulet roulant de calibre sous l'angle de 35°.

Nous avons vu que dans le tir l'obstacle à l'explosion étoit une colonne atmosphérique, ayant pour base le cercle de l'âme de la pièce, s'appuyant sur le boulet comme sur un disque robuste interposé, capable de transmettre entièrement, en vertu de la force impulsive de la charge, la colonne atmosphérique susceptible d'une vitesse initiale de 1312 pieds par seconde, mais que dans le cas de l'angle de projection de 35°, vu la propriété du plan incliné, la force absolue de l'obstacle à l'explosion étoit à sa force relative comme *CB*, longueur de l'âme de la pièce, (*Pl. Ire. fig. XI*) étoit à la hauteur *CD*, c'est-à-dire comme 51 pouces, longueur de l'âme est à 29,3 pouces, ou comme *CF*: *CG*, puisque la colonne atmosphérique, vu la charge qui occupe le fond de l'âme, est censée ne descendre que sur le point *F*.

255. Nous observerons ici, avant d'aller plus avant, que, d'après les principes sur l'accélération de la chute des graves, il est démontré qu'un corps pesant tombant, par la seule force de sa pesanteur, du point *C* au point *G*, dans

le temps T', il acquiert, à la fin de sa chute, une vitesse avec laquelle étant projeté de bas en haut, du point G au point C par une force à ce capable, il parcourra d'un mouvement uniforme, et dans le même temps T, un espace GE double de l'espace CG, parcouru dans le temps T de sa chute.

Voyons maintenant ce qui se passe réellement dans le tir. La poudre absolument inerte dans la pièce avant sa combustion, se trouvant tout à coup, par son explosion, transformée en un fluide élastique enflammé, d'un ressort infiniment supérieur à celui de l'air atmosphérique, au-dessous duquel, dans le tir, il se trouve placé, qu'il repousse avec violence du point F au point C, jusqu'à ce qu'il soit parvenu à le mettre entièrement hors de la pièce, et qu'il met par cette circonstance dans le cas prévu par notre dernière observation, de pouvoir parcourir, en sortant de la pièce et d'un mouvement uniforme, dans le temps T' de sa chute, un espace GE double de l'espace CG; et par conséquent avec une vitesse de 1312 pieds par seconde, laquelle est la vitesse initiale utile dans chaque calibre, au-delà de laquelle il n'est aucun espoir, quelle que soit la force impulsive du fluide élastique enflammé,

d'atteindre, d'après le prononcé irrécusable de Newton et de l'expérience, à la moindre augmentation dans la portée, mais d'éprouver au contraire, par une augmentation sensible dans la vitesse, une diminution sensible dans la portée.

Ainsi donc déjà depuis-près de deux siècles l'expérience provoquée sur une question journellement agitée par les sciences et les arts, pour connoître la longueur de l'âme des pièces de canon la plus favorable à leur portée, lorsque la charge de poudre est déterminée, avoit toujours répondu d'évidence à cette question, sans que pour cela sa réponse eût été acceptée par les artilleurs de cette époque, et même dans la suite, par la plupart de ceux d'aujourd'hui, pour lesquels elle est encore un problème à résoudre; c'est pourquoi il me paroît convenable de produire tout ce qui peut servir à dessiller leurs yeux.

Lorsque la nature se complaisoit à dévoiler ses secrets à l'indiscrète industrie humaine, relativement à la poudre de guerre, on voit que sa sagesse, par cette communication importante, se proposoit, en cela, plus de bien à faire à l'humanité que de mal; conclusion qui depuis long-temps a été tirée avec vérité par un

Digitized by Google

des guerriers les plus accrédités dans l'art des batailles (par le chevalier Follard, dans ses *Commentaires sur Polybe*), dans le temps même où les bouches à feu prenoient évidemment le dessus sur les machines à cordes, quoique de la plus grande antiquité dans leurs usages.

Lorsqu'à l'époque où le quart de cercle fut mis en usage dans le service de l'artillerie, pour préciser par cet instrument le pointement dans le tir du canon, ce qui paroît remonter à environ plus de deux siècles au-dessus de nous, le point culminant dans la série, quel que fût le calibre, étoit alors sous l'angle de 45°; et ce même angle étoit aussi celui de la plus longue portée.

M. de Saint-Remy, un des anciens auteurs sur le fait de l'artillerie, des plus recommandables, et qui écrivoit dans le commencement du siècle dernier, nous apprend qu'en 1686, le mortier à éprouver les poudres étoit déjà connu; et que pointé à 45° et à la charge de 3 onces de poudre, il devoit, par l'ordonnance de ce temps, porter son globe de cuivre, pesant, comme aujourd'hui, 60 livres, à la distance de 50 toises, pour que les poudres éprouvées fussent reçues.

Digitized by Google

Le même auteur nous apprend que, dans la même année 1686, la pièce de 24 de 10 pieds de long, et ne différant de celle du même calibre d'aujourd'hui que par quelques légères différences dans les ornemens, qui n'influoient pas sensiblement sur les pesanteurs des pièces, portoit, sous l'angle de 45°, et avec la charge de 8 liv. de poudre d'alors, son boulet de calibre à la distance de 2250 toises; effet qui a dû se maintenir jusqu'à ce que cette poudre ait pu être améliorée; ce qui paroît n'avoir eu lieu sensiblement qu'à l'époque où la chimie, sous le célèbre Lavoisier et ses savans collaborateurs contemporains, ont si fort éloigné les limites de cette science dans la fabrication de la poudre, et avec tant de rapidité, qu'on ne s'est aperçu d'aucune graduation dans cette amélioration, qui paroît, pour ainsi dire, s'être opérée d'un seul jet de nos jours.

Comme nous étions pour lors en pleine paix, ce n'est qu'aux fameuses épreuves extraordinaires et comparatives des bouches à feu, qui eurent lieu à Douai en 1786, que cette force s'est montrée si supérieure par ses effets dans le service du canon aux poudres précédentes, et surtout aux trois inspecteurs-généraux de l'artillerie, qui avoient reçu ordre du

Digitized by Google

gouvernement de présider ses épreuves, qui, ayant fait toutes les campagnes de la guerre de Flandre, dans lesquelles l'artillerie étoit alors approvisonnée avec les poudres de 50 à 60 toises de force, se trouvoient plus en état que tous autres de juger de l'importance de cet objet.

Dans ces épreuves comparatives, les charges furent toujours maintenues au tiers du poids du boulet, et les épaisseurs principales des pièces à leur diamètre.

Si, dans toutes ces épreuves, la résistance de la fonte est constamment restée, comme autrefois, invinciblement supérieure à l'effort dilaniateur de la poudre, il n'en a pas été de même à l'égard de la dureté de l'alliage, faculté préservatrice qui doit garantir jusqu'à un certain point les parois de l'âme des canons contre les battemens et autres dégradations de la part des mobiles; mais, au contraire, elle a constamment cédé, dans ces épreuves et dans tous les calibres, à l'action du calorique rayonnant, qui, dans le tir, ramollissoit la fonte par une excessive chaleur qui paroissoit liquéfier les parois de l'âme d'une manière inusitée jusques alors, pour peu que le service fût légèrement servi contre l'usage.

Mais ce n'est point ici le lieu de nous entretenir sur ces violens effets, comme nouveaux, dont nous aurons ailleurs occasion de rendre compte, ayant à faire connoître ici de préférence un fait plus important et plus direct à l'amélioration de la force de la poudre.

Jusqu'à présent, j'avois toujours considéré l'angle de 45° comme le siége permanent du point culminant des cinq calibres, et comme celui de la plus longue portée, d'après l'exposé de Saint-Remy et de tous les savans; et ce n'est pas sans un grand étonnement que, d'après le nouveau système, je l'ai vu déchu de cette prérogative en faveur de l'angle de 35°; ce que j'ai reconnu, comme il suit, d'après l'expérience.

Il nous est donc prouvé que l'angle de plus grande portée a été d'abord de 45°, et successivement qu'il peut avoir été sous ceux de 44°, 43°, etc., et jusqu'à celui de 35°, où il est encore, et auquel l'angle de 34°, son successeur immédiatement inférieur, succéderoit nominativement à son tour, si l'amélioration actuelle de la poudre, à laquelle ce changement primitif est dû, avoit pu laisser aux artilleurs qui vont nous suivre, l'espoir d'ajouter encore quelques degrés de plus de perfection.

Digitized by Google

Mais depuis que l'immortel Lavoisier et ses coopérateurs contemporains ont porté la lumière si profondément dans tous ces ateliers, les trois parties constituantes de la poudre, séparément épurées de tout ce qu'elles pouvoient contenir d'étranger à leur nature, et par des procédés nouveaux et des réactifs plus puissans, inconnus dans les ateliers avant la gestion de ces fameux chimistes ; ces parties constituantes de la poudre, admises chacune d'elles dans la formation de ce nouveau mélange qui constitue cette poudre de guerre nouvelle, selon la dose la plus convenable à la saturation de leurs affinités réciproques que réclame le phénomène de l'explosion, et le tout et chaque partie intégrante en particulier (le grain), étant élevés par le battage le plus égal, tant par sa durée que par son uniformité, à la plus parfaite homogénéité, ne laisse plus rien à désirer dans cette fabrication, surtout d'après l'exécution des derniers moyens d'amélioration pris par l'administration, en donnant à la poudre une forme commune à tous les services, presque globuleuse, c'est-à-dire un grain plus régulier, tant par la forme que par la grosseur, et qui, augmentant autant que possible, par l'excellence de ce moyen merveilleux,

Digitized by Google

la surface de ces grains, donne lieu à une bien plus prompte et bien plus complète combustion de cet agent dans l'âme des bouches à feu.

Mais à quoi bon ces inutiles recherches, si, ainsi que je l'ai déjà fait observer ailleurs, une plus forte poudre ne nous seroit d'aucune utilité, puisque celle dont nous faisons actuellement usage, satisfait complétement à tous les services? mais je dois être aujourd'hui plus heureux dans mon exhortation à ne plus nous occuper de pareilles recherches, puisque je viens de prouver leur parfaite nullité par l'insuffisance reconnue de la force d'explosion dans toute circonstance contre la force naturelle de l'obstacle à l'explosion, que nous avons reconnue être celle d'une colonne atmosphérique de même base que le cercle de l'âme de la pièce.

Ne pourrois-je pas ajouter encore : Mais à quoi bon aussi des pièces de 24, de 10 pieds de long, dont 144 pouces de longueur d'âme, pesant 5700 livres, et coûtant 10,355 francs, si, comme nous l'avons prouvé, on peut s'en procurer aussi du même calibre, et pour le même usage, n'ayant que 7 pieds 2 pouces, dont 81 pouces de longueur d'âme, ne pesant que 4344 livres, et ne coûtant que 7167 francs;

mais surtout susceptibles au moins de la même portée, à la charge au tiers du poids du boulet, d'une résistance et d'une durée infiniment supérieures à celles de ces premières pièces, les préventions étant surtout généralement motivées à l'égard de tous les calibres de place, sur les principes de l'art les plus avoués.

256. De tous les temps, dans l'artillerie, et même jusqu'à aujourd'hui, les portées des pièces de canon, sous l'angle de 45°, ont été désignées depuis leur introduction à la guerre, comme celles de plus longues portées de la série, effet visible de l'erreur que le nouveau système a dévoilé.

Il est bien vraisemblable que de proche en proche, ces changemens n'ayant été que les effets de l'amélioration de la poudre, ayant pu passer sous silence; mais lorsque, par une suite de temps, ces effets cumulés sont devenus sensibles au point de donner lieu à de grandes erreurs dans le service s'ils n'y étoient fortement mentionnés, le silence devient alors un sujet de blâme.

Comme cette vérité de fait n'a pas encore été officiellement promulguée aux artilleurs, ce corps est donc encore, dans son service, exposé par ce silence aux inconvéniens sans nombre,

Digitized by Google

plus ou moins à craindre par les circonstances qui peuvent en résulter : telles sont celles qui se présentèrent inopinément, en 1758, dans le bombardement du Hâvre-de-Grâce par les Anglois, dans lequel nos canonniers et officiers du régiment baron de Soucy, qui servoient les canons et mortiers dont cette place se trouvoit armée (par l'ignorance où ils étoient du fait en question), n'ayant pas fait usage de ce surcroît de portée sous les angles au-dessous de 45° jusqu'à celui de 35 degrés, se crurent, par les plaintes qu'ils en portèrent, approvisionnés dans leurs batteries par des poudres sensiblement plus foibles que celles des Anglois; ce qui fut vérifié quelques jours après contre leurs préventions.

Or, ce qui est déjà arrivé à notre préjudice peut arriver de même dans les mêmes circonstances, tant qu'on persévérera à s'y maintenir; et surtout à l'égard des batteries de côtes, où le plus souvent il est question de développer toute l'étendue des portées des pièces de canon et des mortiers.

Qu'on ne dise pas, pour se justifier sur pareille indifférence pour le service, que l'ignorance du fait dont il s'agit ne peut être celle des officiers : j'ai été témoin du contraire, non

pas comme oculaire, parce que déjà initié dans ce mystère, je n'aurois pas maintenu cette erreur ; mais de confiance, par l'aveu que m'en fit, sans s'en douter, un officier supérieur du premier mérite, en me rendant compte d'une mission importante qu'il avoit reçue du ministre de la guerre, d'examiner dans le plus grand détail, en sa qualité de sous-directeur d'artillerie de l'arsenal de Douai, l'obusier de campagne, tant par rapport à sa résistance individuelle dans un service ordinaire de guerre que dans un service des plus suivis, que dans son affût et autres dépendances ; mais surtout en ayant le plus sévèrement égard à sa plus grande portée possible.

Cet officier supérieur, après avoir satisfait de la manière la plus brillante à tout ce qui lui avoit été recommandé par le ministre, finissoit ainsi le compte qu'il m'en rendoit comme à son inspecteur-général dans les attributions duquel il se trouvoit, quoique je fusse alors à l'armée de Rhin et Moselle.

« Cette expérience a offert des bizarreries » dont on ne peut assigner la cause, entre au- » tres celle de présenter des portées plus foibles, » toutes conditions égales d'ailleurs sous l'angle » de 39 degrés que sous celui de 36, et très-peu

» de différence entre celles obtenues sous les » angles de 27, 30 et 29 degrés, et sous ceux » précédemment cités de 36°, 31° et 39°; il se- » roit utile de refaire ces expériences avec soin, » quoiqu'on ait apporté à celles-ci toute l'atten- » tion et l'exactitude qu'on pouvoit y mettre. »

Épreuve de Douai, 16 brumaire an 10.

Signé SENARMONT.

Indépendamment de la nécessité où on se trouve dans l'artillerie, pour le bien du service, de faire connoître officiellement cet avantage méconnu jusqu'à présent sur les portées de toutes les bouches à feu, il se présente encore une circonstance qui la réclame, c'est celle du mortier à éprouver les poudres.

Par l'ordonnance, ce mortier, par sa construction, pointé fixément sur sa semelle à 45 degrés, et chargé, par l'ordonnance, de 3 onces de poudre, doit porter son globe pesant 60 livres à 100 toises de distance, horizontalement et de plein vol. Or, d'après le nouveau système, dans lequel le point culminant de la série est sous l'angle de 35°, ces 100 toises en valent, sous l'angle de 35° de plus longues portées $\frac{1,042 \times 100}{1,000} = 104,2$ toises, condition à laquelle sans doute l'administra-

Digitized by Google

tion des poudres demandera à se rapprocher, comme conservatrice contre les accidens imprévus de la pratique, qui, sous les angles des plus longues portées, sont presque insensibles dans quelque sens qu'ils se présentent; situation contraire à laquelle, sans s'en douter, elle s'est livrée dans l'ancien système, puisque l'angle de 45° ne jouit plus de cette faculté.

D'après les vérités démontrées ci-dessus, la plus longue portée de la série étant celle sous 35°, quel que soit le calibre, il est évident que la plus grande portée possible dans l'artillerie, à la charge au tiers du poids du boulet, est celle de 2348 toises que fournit la pièce de 24 avec une vitesse initiale de 642 pieds; ce qui justifie complétement la solution que j'ai donnée, qui a pour objet la recherche de la longueur de l'âme de ladite pièce la plus favorable à sa portée, dont le résultat est une longueur de 81 pouces avec une vitesse initiale de 670 pieds.

La faculté précieuse que l'ancien système avoit attribuée sur parole à la pièce de 24, sous l'angle de 45°, d'être l'arbitre, par sa portée, de la force d'une charge de poudre, passe donc de plein droit à la portée de 35°, à laquelle, dans le besoin, nous pouvons avoir recours en toute sûreté, sans crainte de tomber, comme

nos prédécesseurs, dans des erreurs et des écarts considérables, innocemment, pour avoir été faussement initiés dans cette prérogative.

257. Arrivé maintenant sur les revers, pour ainsi dire, du point culminant de la série par rapport auquel l'expérience n'a encore rien prononcé, il nous reste par conséquent à vérifier quels sont les moyens que la force directrice de la pesanteur qui la dirige, d'après les principes sur l'accélération de la chute des graves, a pris pour leur exécution.

Supposons, dans cette idée, qu'il soit question de tracer la projection sous l'angle de 45 degrés, et que par le point x du quart de cercle, correspondant à 45°, on mène le rayon Rx par la construction, égal à 1052 toises = 6312 pieds, nous aurons le côté dudit angle xy égal à 4057 pieds; d'où nous déduirons T^{s} = 18^{s} de temps nécessaire au mobile pour parcourir sa trajectoire.

Or, selon le système de Galilée, et d'après le tableau à l'usage dudit système, aux 18^{s} situées dans la première colonne de droite correspond, dans la quatrième colonne de gauche, le nombre 4860 pieds; ce qui indique que le mobile doit simultanément, et dans le même temps des 18^{s}, parcourir d'une part, d'un mouvement uniformément accéléré selon

la verticale xy, et de l'autre part d'un mouvement uniforme, et dans le sens de la projection, l'espace Rx.

Mais comme il est démontré que la trajectoire sous 35° étant la plus longue de toute la série, son point culminant c ne peut être surpassé dans son élévation, ni même atteint par celui de toute autre trajectoire; il est évident que le point u, point d'intersection du rayon x, avec la ligne AK qui nivelle la hauteur AB, doit rester le point culminant de la trajectoire de 40°.

Cela posé, si on divise la ligne us en deux parties égales au point t, ce point sera le point culminant de la trajectoire Rtz, dont ts est l'axe et tu sa sous-tangente; et comme le point R est le point de départ du mobile en sortant de la pièce, et le point z celui de sa chute, ces deux points sont les points de contingence des tangentes collatérales Ru et zu, et en même temps les extrémités de la trajectoire Rtz, et l'amplitude RBz; et cette courbe sera d'autant plus régulière dans son tracé, qu'elle passera plus précisément sur les extrémités de ses coordonnées.

Si on opère d'après les mêmes principes et d'après les mêmes raisonnemens que ci-dessus, relativement à l'angle de 45°, et successivement

Digitized by Google

par rapport à toute projection décroissante, on obtiendra les mêmes résultats que ci-dessus.

258. La trajectoire sous 45° étant de 1651 toises dans la série de 4, son rapport avec celle de 35° est celui de 1723 : 1651 :: 1.042 : 1.000, et ce rapport d'après l'expérience, étant comme il suit dans les quatre autres calibres, peut bien passer pour un rapport semblable.

Calibres.	35°	45°	35°	45°
24	2348	2250	1043	1000
16	2015	2020	1042	1000
12	1948,5	1870	1042	1000
8	1723	1660	1044	1000
Moyenne			1044	1000

Cette remarquable circonstance fait présumer avec quelque raison qu'il existe entre les 5 calibres reçus assez d'analogie pour que les rapports entre les trajectoires correspondantes dans les diverses séries pussent être considérés comme semblables; de manière qu'on puisse dire avec confiance et avec apparence de vérité, lorsque le besoin pourroit l'exiger; par exemple, dans la série de 12, les trajectoires de 15 et de 20 degrés sont à celles correspondantes dans la série de 4 comme $a : b$; c'est ce que j'ai déjà vérifié avec les plus grands succès dans plusieurs circonstances, les charges étant alors en proportion des poids des boulets.

Digitized by Google

259. Si dans tout cet examen suivi il n'a été fait mention que d'une espèce d'arme, à laquelle j'ai soigneusement appliqué tous les principes qui tiennent à la balistique, j'ai donné les raisons de ce motif forcé, en désignant ici en peu de mots les fonctions de chaque espèce de bouche à feu par calibre.

Dans les batailles, les feux rasans et fichans sont confiés à l'artillerie légère, mais plus habituellement aux calibres de 8 et de 4; et à l'obusier de 6 pouces, autant que possible contre les masses des troupes et la cavalerie; et l'obusier de 8 pouces et la pièce de 12 légère en concurrence, pour les attaques des postes retranchés.

Les pièces de 24, de 16, de 12 et de 8 de place, pour l'attaque et la défense des villes assiégées, concurremment avec toute espèce de mortiers, obusiers et pierriers, pour défendre les approches ou pour les favoriser; pour ruiner les batteries de la place ou pour les protéger; pour tirer à ricochets soit pour ou contre la place; pour battre en brèche ou pour la défendre, etc., jusqu'à la reddition de la place.

On trouvera dans les livres élémentaires du métier, les exercices qui ont directement rapport à l'instruction du personnel au service de ces armes, à leurs charges et à leur pointe-

ment, auxquels je renvoye avec toute confiance.

260. Après avoir examiné dans le plus grand détail les effets des charges des canons au tiers du poids du boulet, qui se manifestent au dehors seulement des pièces par les portées et par des impulsions isolées ou successives du mobile, il me reste à compléter la partie de la balistique par une de ses parties très-importantes qui en dérive, qui est celle qui a rapport à la résistance que l'air atmosphérique oppose à la course du mobile qui le traverse.

La poudre de guerre, ce météore puissant, de quelque célébrité qu'il jouisse parmi les productions de l'industrie humaine, est néanmoins encore, par sa nature, trop variable dans ses effets pour pouvoir, sans inconvénient, dans les arts qui l'ont adoptée comme moteur principal, être combinée avec les forces de la nature plus régulières dans leurs effets, telle que la force de la pesanteur, ou mise en opposition avec ces mêmes forces, sans qu'il en résulte des différences sensibles dans de semblables opérations; et c'est surtout à l'égard de la résistance de l'air sur les mobiles, qu'elle a le plus souvent occasionné les dissensions les plus longues, qui ont même été renouvelées ou continuées avec chaleur jusqu'à aujour-

Digitized by Google

d'hui, et c'est à cause de ces inexactitudes non admises par les uns et consacrées par la vérité la mieux sentie par les autres, que l'expérience est encore très-souvent réclamée, dans l'artillerie, pour arbitrer des effets tendant à assertiorer ou à invalider des opinions sur les faits les plus importans.

L'expérience dans l'artillerie est certainement le guide le plus assuré; mais pour être susceptible de ce mérite, il faut qu'elle soit savamment dirigée dans ses motifs; car autrement, non-seulement elle est en pure perte dans son intention, mais elle en est l'écueil le plus dangereux, comme pouvant donner lieu à diverses interprétations sur les effets imprévus et souvent contraires aux effets annoncés d'avance par les principes.

Celles surtout relatives aux grandes portées, indispensablement nécessaires à l'établissement des principes fondamentaux de la théorie et de la pratique de l'art sur des bases solides, et à l'abri des préjugés du temps, exigent impérieusement, pour leur direction, un génie supérieur qui commande la confiance par des longs et brillans services à la guerre, et profondément initié dans les branches importantes de l'artillerie et du génie, et tels que furent les Vauban, les Vallière père et les Gri-

Digitized by Google

beauval, afin de pouvoir assurer le gouvernement que ces expériences, malheureusement très-dispendieuses, seront dirigées entièrement vers leurs vrais motifs avec fruit, et sans prédilection aucune d'opinion qui ne seroit pas fondée sur le véritable concours des vrais principes avoués par les arts analogues.

Et pour pouvoir conduire ses travaux sans gêne et sans embarras, mais avec aisance et sans confusion, elle exige même pour l'instruction des coopérateurs beaucoup de bras en état d'y participer avec l'intelligence acquise dans la pratique de l'art; mais surtout un vaste terrain à ce propice, bien choisi, à occuper pendant tout le temps nécessaire, sans dommage notable préjudiciable aux habitans de la campagne, qui doivent être nécessairement dédommagés par le gouvernement des récoltes qui supporteront des dégâts.

Voilà déjà des grands motifs plausibles pour ne rien entreprendre de pareil, ou du moins pour n'entreprendre que du partiel, sous l'espoir, mal affermi, d'une plus heureuse circonstance pour l'avenir; et dans cette attente, ordinairement trop longue, tout est changé; le directeur du projet, recommandable à tant de titres, s'est éclipsé, ce qu'on a appris sous lui s'est oublié, et le tout est à recommencer.

Digitized by Google

C'est sans doute ce qui nous est déjà arrivé plusieurs fois depuis notre existence primitive, comme corps armé chargé du service important de l'artillerie. L'époque la plus mémorable d'une pareille circonstance est celle où l'étude des courbes, sous la dénomination de sections coniques, prit faveur; tous les corps à talent s'empressèrent de mettre à profit leurs propriétés, mais plutôt par une application de simple analogie que par une combinaison avouée par les vrais principes des sciences et des arts.

L'artillerie étoit commandée alors, avec autant d'éclat que de succès, par M. de Vallière le père, qui s'empressa d'appliquer les propriétés de la parabole d'une part à la balistique, et considérant dans les jets des projectiles les amplitudes comme les ordonnées de la parabole, qui représentoient les portées; en admettant de confiance, comme principe, l'ordonnée sous 45 degrés comme la plus grande portée, et en reconnoissant plutôt par analogie que par l'aveu de l'expérience, comme conséquence de cette nouvelle doctrine, toutes celles reconnues comme vérités dans l'ancien système; et d'autre part, en appliquant les propriétés de la même courbe à l'attaque et à la défense des places par les mines, en calculant

leurs entonnoirs, ou leurs excavations relatives, exclusivement d'après la forme du paraboloïde, dont le fourneau occupoit le foyer, et qui, sous 45°, présentoit la plus grande ligne de moindre résistance, le diamètre du paraboloïde, sous cet angle, étant le double comme maximum de la ligne de moindre résistance.

Mais ces applications, sans doute prématurées et trop exclusives, trouvèrent bientôt des antagonistes zélés, dont les sectaires de l'ancien système refusent encore, pour la plupart, de reconnoître les avis éclairés, espérant pouvoir se dérober à la force de la vérité, en rejetant tout uniment, sans preuve préalable, les erreurs trop apparentes sur les effets sans mesure de la résistance de l'air, sur les mobiles qui le traversent.

M. Bélidor, un peu plus tard, professeur de mathématiques à l'École d'artillerie de Metz, et ensuite à celle des mineurs à Verdun, après s'être illustré par un excellent ouvrage sur l'hydraulique, et après avoir été, comme savant, l'apologiste des courbes, devint, en sa qualité de professeur dans cette dernière école, partisan d'une opinion contraire à celle de M. de Vallière le père, qui venoit de mourir, dont il prétendit rabattre les prétentions exclusives sur le paraboloïde, en mettant au jour

Digitized by Google

son système sur le globe de compression, qu'il chercha à établir en faveur de quelques expériences à ce sujet, qui, vraisemblablement surchargées en proportion de l'effet désiré, donnèrent, par leurs trop fortes explosions, une juste épouvante aux habitans de Verdun, logés le plus près du polygone.

Ainsi donc, de part et d'autre, on ne trouve dans le lointain que des doctrines plus ou moins erronées, que l'expérience désapprouve, ou modifie dans leurs écarts, qui s'étendent même quelquefois jusqu'à la folle prétention de maintenir dans l'oubli les vérités les plus persuasives, mises jadis au plus grand jour; telles sont celles qui se présentent aujourd'hui à nos observations, et dont nous avons encore à nous entretenir.

J'ai déjà eu l'avantage, par la comparaison que j'ai pu faire des portées présumées de l'ancien système avec celles démontrées par l'expérience dans le nouveau, de faire observer que les effets de la résistance de l'air sur les mobiles étoient bien moindres que celle que l'ancien système avoit admise sans preuves dans pareille circonstance, dont la différence alloit presque à l'absurdité.

Car comment seroit-il possible de croire qu'avec une charge de poudre toujours la

même, tant dans sa qualité que dans sa quantité, et toutes autres choses égales d'ailleurs, dans le tir de la même pièce du calibre de 4, les portées d'un même boulet au travers d'un milieu de même densité, les effets de la résistance de l'air sur ce mobile, et sous un même angle de projection, se présentassent, comme ici, dans le rapport de 47 toises à 1719 toises ?

On ne peut s'empêcher de convenir sans doute que si les différens systèmes supposent les portées, l'expérience seule les réalise ; d'où il suit que dans les deux systèmes qui paroissent nous diviser d'opinion, les deux portées, sous un même angle de projection, sont imperturbablement égales, la poudre n'étant pour rien dans ces discussions ; et il ne peut rien y avoir d'opposé à cette vérité que les principes admis de part ou d'autre pour soutenir leurs opinions ; or, dans cette parité de portée, si bien démontrée par l'expérience, où se trouveroit le prétexte à une si grande différence dans la résistance de l'air de la part d'une force toujours la même, tandis que la cause de l'erreur a été si manifestement reconnue dans le principe erroné qui l'établissoit.

Nous considérerons donc définitivement par

Digitized by Google

la suite, d'après la force de cet argument, comme une chose démontrée toute atteinte de cette vérité, qui constitue les portées égales lorsque les charges le sont, en regrettant de n'avoir pas, dans les autres calibres supérieurs, aucune suite d'expériences d'une date moins ancienne que celles du calibre de 4, qui en montrant les mêmes vérités de fait auroient corroboré la confiance que méritent celles-ci.

261. Pour pouvoir avec plus de facilité, calculer dans le besoin les effets de la résistance de l'air sur la marche des mobiles qui le traversent, il faut nécessairement connoître et le nombre et l'espèce des élémens qui entrent dans ce calcul.

Soient B et b les boulets par exemple, de 24 et de 4; D et d leurs diamètres; E et e leurs portées; R et r les effets de la résistance de l'air, V et u les vitesses; T et t les temps; D^2 et d^2 ou S s les surfaces des boulets; P et p leurs poids ou leurs masses.

Exemple : comme les corps réguliers sont entre eux comme leurs côtés homologues, les boulets sont entre eux comme leurs rayons ou leurs diamètres; mais les plus petits ont à proportion plus de surface que les gros, et en raison inverse des diamètres; or, toutes autres

Digitized by Google

choses égales d'ailleurs, la résistance de l'air, par exemple, dans le calibre de 4, est la plus forte dans ses effets.

Soit la trajectoire sous l'angle de six degrés comprise dans la quatrième colonne à gauche (*p.* 63, T. II) sous la longueur de 894 toises, ou de 5364 pieds, d'après la formule générale, portée qui répond à sa vitesse initiale de 739 pieds par seconde.

Comme cette pièce, dans le tir, n'a fourni aux épreuves de Douai, en 1772, à sa charge de bataille, qu'une portée de 847 toises ou de 5082 pieds (seconde colonne à gauche du tableau), le boulet dans sa course a donc perdu, par l'effet de la résistance de l'air, 47 toises ou 282 pieds de longueur dans sa portée.

En faisant les mêmes observations par rapport aux deux autres trajectoires, sous 10 et sous 15 degrés, qui se sont trouvées dans les mêmes circonstances à Douai en 1772, on trouve de même, d'après les mêmes expériences, que leurs boulets avoient aussi perdu dans leurs courses par la résistance de l'air sur la marche de leurs mobiles, 282 pieds sur leurs portées, à quelques différences près, qu'on peut sans erreur sensible attribuer aux irrégularités inséparables dans le tir du canon.

Digitized by Google

262. D'après cette vérité de fait, qui malheureusement n'a pas été constatée par un plus grand nombre de faits pareils, nous pouvons cependant, en faveur de la science, être autorisé à prouver par les principes que, puisque dans la série de 4 à la charge de bataille qui lui est propre, la résistance de l'air qui a eu lieu dans le tir, sur la course des mobiles dans ces trois trajectoires de 6, de 10 et de 15 degrés, a été exactement la même de 282 pieds, elle doit être la même sous tout angle de projection; d'où il suit qu'en admettant ce principe, il en résulte que dans cette série, la résistance de l'air étant la même, les effets de cette résistance sont en raison inverse des portées.

Nous avons vu que l'artillerie considéroit dans son service comme une force constante, l'action d'une même quantité et qualité de poudre, dans une même pièce contre un même et semblable mobile de calibre, lorsque d'ailleurs toutes autres choses étoient égales.

Or, ces effets sont, 1°. le produit du temps par la vitesse qui a pour résultat une portée, qui, dans son exécution, par la course du mobile, a pour second résultat l'effet de la résistance de l'air sur la course du mobile; or

si dans deux ou trois coups consécutifs sous divers angles de projection, ces effets de la résistance de l'air sont exactement les mêmes, les causes qui les auront produits doivent être aussi les mêmes si elles n'ont pas été démenties d'ailleurs.

Et en effet, nous avons observé dans l'examen que nous avons fait de degré en degré, en montant depuis l'horizontale vers la verticale, que dans cette série les projectoires forment une suite de produits successifs et progressifs du temps par la vitesse, de manière que le produit immédiatement supérieur se compose des produisants immédiatement inférieurs, dont l'un, le temps, augmente uniformément et de la même manière que l'autre, la vitesse diminue à proportion, en sorte que si le produit inférieur étoit $T \times V$, le produit supérieur seroit $t \times u$, ce qui donne, $T : t :: u : V$; mais ceci ne peut s'appliquer que de proche en proche, et non de degré en degré, entre lesquels les 60 minutes qui les séparent forment une trop grande distance; mais il n'arrivera pas moins de proche en proche que $T \times V = t \times u$, mais avec une différence si petite qu'elle sera insensible, $T \times V = R$.

Or, si d'après l'observation continuée, nous

Digitized by Google

avons toujours, comme ci-dessus, quel que soit l'angle de projection, $R = 282$; il est donc démontré que dans chaque série, à la charge de bataille, la résistance de l'air est en raison inverse de la longueur de la portée ; par conséquent,

$\frac{1}{19^e}$ de la portée sous l'angle de 6°.

$\frac{1}{24^e}$ de la portée sous l'angle de 10°.

$\frac{1}{29}$ de la portée sous l'angle de 15°.

$\frac{1}{36^e}$ de la portée sous l'angle de 35°.

Digitized by Google

TROISIÈME PARTIE.

DE LA FABRICATION DES BOUCHES A FEU.

CHAPITRE PREMIER.

De la fonte grise (de fer) à l'usage de l'artillerie de la marine et des côtes; de la fonte verte (de bronze) à l'usage de l'artillerie de ligne; discussion sur le bien ou le mal que l'introduction du forage et du tour peut avoir apporté dans la fabrication des bouches à feu.

263. Les historiens qui vivoient dans le temps où l'artillerie a été inventée, nous ont laissés dans une parfaite ignorance sur la manière dont furent fabriqués les premiers canons et les premières bombardes : quelques écrivains plus modernes ont seulement assuré qu'on les fabriquoit alors avec de fortes tôles, qu'on rouloit sur un noyau, et qu'on serroit ensuite avec des cercles de fer ou de cuivre.

A l'art de forger les canons, succéda bientôt

Digitized by Google

celui de les fondre. M. de Villaret dit; en parlant du siége de Compiègne en 1414, que nos anciennes chroniques s'expriment pour la première fois, avec précision et sans équivoque, sur l'usage des canons, et de façon à faire connoître qu'on avoit déjà l'art de couler des pièces d'artillerie du plus gros calibre. (*Histoire de France*, tome 13, page 305.)

Selon Diego Fensano, ces premières bouches à feu coulées avoient des âmes de figure conique, dont le sommet répondoit au fond de l'âme, et la base à la bouche.

La force d'explosion de la poudre ayant toujours assujetti les bouches à feu à de grandes épaisseurs du métal, et par conséquent à une pesanteur incommode dans les transports et dans la manœuvre, l'industrie, dans la vue de parer à une partie de ces inconvéniens, a été souvent abusée par des inventions mal entendues, qui ont donné lieu dans différens temps à une infinité de pièces de canon, différentes les unes des autres, tant par leurs formes que par la matière dont elles étoient composées, et qui ont eu d'autant moins de succès et d'existence, qu'elles s'éloignoient davantage de la solidité essentielle à leurs tirs et à leur durée; et rien ne prouve mieux leur insuffisance à cet égard, que l'abandon subit et com-

plet qu'on en a fait, puisque nous ne devons pour ainsi dire qu'au hasard les débris qui nous en sont parvenus, tels sont ceux qu'on a trouvés en 1746, dans l'arsenal de la citadelle d'Anvers, qui nous ont fait connoître qu'on avoit autrefois fabriqué des pièces de canon avec des lames de cuivre, cerclées de fer et garnies de pièces de bois bien mastiquées, enveloppées ensuite d'un cordage pour renforcer le tout. On assure que Gustave Adolphe se servit de pièces de canon de cuir à la bataille de Leipsick.

Convaincu depuis long-temps par l'expérience, de la nécessité de sacrifier jusqu'à un certain point, pour le bien du service, la commodité du transport à la solidité du canon, on n'en fabrique plus que de deux espèces; savoir : en fer coulé, pour le service de la marine et des côtes; et en bronze, pour le service des places et de campagne.

264. La première espèce est bien moins dispendieuse, mais malheureusement elle est peu sûre, et dangereuse à servir, parce que le fer fondu étant aigre et cassant, le canon crève très-souvent à l'explosion de sa charge, et dans ce funeste accident, ses éclats épargnent peu de canonniers dans la batterie. Cette mauvaise et dangereuse qualité de la fonte est due à

Digitized by Google

l'imparfaite réduction du minerai, et à la quantité de carbure et de sulfure de fer qu'elle contient, qui ont pu se former, selon la nature des principes du minerai, dans la fusion; d'une part, à raison du carbone fourni par les matières combustibles, mises en contact dans le fourneau avec le minerai, et de l'autre part, par le soufre minéralisateur du fer; et dans cet état, la fonte est d'autant moins malléable, ductible, dense et cohérente, qu'elle est plus éloignée d'une parfaite réduction, et qu'elle contient en plus grande quantité ces substances hétérogènes à sa nature, intercalées à ses parties intégrantes.

On a depuis une trentaine d'années, à l'instar des Anglois, sensiblement amélioré cette fonte, en lui faisant subir, dans des fourneaux à ce destinés, une seconde fusion; en sorte qu'on ne coule plus, comme autrefois dans les forges, une gueuse ou un canon; mais les charges des fourneaux destinés à la coulée des bouches à feu, sont composées de tronçons de gueuse ou de vieilles bouches à feu de fer, tronçonnées à cet effet à la fonderie pour la facilité de la manœuvre et des changemens des fourneaux.

Alors cette fonte, produit d'une seconde fusion, mieux épurée de ses minéralisateurs, l'oxigène et le soufre, et des carbures et sul-

Digitized by Google

fures de fer qui s'y sont brûlés, est bien plus cohérente, et résiste par conséquent bien plus à l'effort dilaniateur des charges de poudre dans leurs épreuves et dans le service.

Ce premier moyen d'amélioration, dirigé avec intelligence et selon toutes les maximes de l'expérience, n'offrant plus, ou du moins que de loin en loin, de ces accidens funestes dans le service, y a déjà établi une si grande confiance, qu'il reste bien peu de chose à faire pour rendre à cet égard la sécurité parfaite.

Il paroît donc que si cet état d'amélioration où sont actuellement les fontes de fer employées à la coulée des bouches à feu, laissoit quelque chose à désirer; comme la fusibilité est une qualité aussi indispensable à la matière employée à la fabrication des bouches à feu pour la coulée de ces bouches, que sa cohérence et sa fermeté sont ensuite nécessaires à sa résistance contre la force d'explosion de la poudre, il est évident que, nécessité à n'employer dans la charge des fourneaux qu'un fer fusible, et par conséquent encore imprégné de soufre et susceptible des mauvais effets que cette substance influe dans la fonte, la difficulté qui se rencontre dans une plus grande amélioration, consiste à pouvoir séparer du fer, dans la fusion même, le soufre, le sul-

Digitized by Google

fure et le carbure de fer après qu'il s'est formé, par quelque intermède qui, en se combinant avec ce métal, le dégage de son soufre, en lui conservant la fusibilité nécessaire à la coulée, sans altérer sa malléabilité et les autres qualités qui manifestent sa force.

Ces propriétés désirées ne pouvant évidemment se rencontrer que dans quelques substances métalliques, le zinc paroît pourvu de tout ce qui est nécessaire à la solution de ce problème important; car 1°. il n'a aucune affinité avec le soufre, puisqu'il a été jusqu'à présent impossible à la chimie de le combiner avec cette substance; 2°. il a avec le fer beaucoup d'affinité; 3°. il est très-fusible; et 4°. quoique rangé dans la classe des demi-métaux, les chimistes modernes lui accordent cependant une espèce de malléabilité; de là vient qu'il peut s'allier avec la plupart des substances métalliques, même à grande dose, sans nuire à leur ductilité. Je donnerai ailleurs une preuve bien certaine de cette faculté du zinc.

Mais cet alliage est-il possible? L'ayant vu exécuter en petit, je ne puis avoir le moindre doute sur cette possibilité; je conviens seulement qu'il se présenteroit vraisemblablement des difficultés à vaincre dans une opération en grand, telle que celle de la coulée des bouches

Digitized by Google

à feu, mais je suis bien éloigné de les regarder comme insurmontables.

265. Les fortes et rigoureuses épreuves auxquelles on a soumis de tous les temps les canons de fer coulés, dans l'état où ils étoient avant l'amélioration ci-dessus, bien loin de garantir ces pièces de l'accident dangereux annexé à la nature de ce métal de crever à l'explosion de leurs charges, les préparant plus tôt à cet accident, on étoit continuellement exposé à la guerre à perdre cette arme, dans le cas où elle pouvoit être absolument essentielle à la réussite d'une expédition militaire; aussi, à mesure que les canons devinrent essentiels à toutes ces expéditions, on sentit la nécessité indispensable de se procurer une espèce de canon, qui, par la nature de sa matière, fût exempte de ce défaut, et par conséquent d'un service plus assuré; c'est ce qui a donné lieu aux canons de bronze, ou fonte verte, que nous allons examiner.

L'histoire ne fournit rien de précis sur le temps où l'on a commencé à faire usage des canons de bronze; de là vient qu'il seroit impossible de partir de cette époque pour suivre, dans la fabrication de ces bouches à feu, la marche du génie dans ses productions heureuses, comme dans ses écarts, jusqu'au point

Digitized by Google

de perfection où il les a amenées; à peine même pourroit-on, par quelques individus isolés et conservés, apercevoir quelques traces de cet acheminement.

A en juger par les anciennes pièces qui existent encore et qu'on refond journellement, on voit que les anciens fondeurs étoient moins recherchés sur la qualité des métaux qu'ils employoient à leur fabrication, et que l'alliage de la plupart différoit peu de celui qui est actuellement usité quant au rapport du cuivre et de l'étain.

On lit dans les Mémoires de Saint-Remi, que, de son temps, l'alliage des bouches à feu étoit composé d'une partie de rosette, d'un quinzième de laiton et d'un dixième d'étain. Vers le milieu du siècle dernier, cet alliage a été réduit à une simple combinaison de cuivre et d'étain, dans la proportion de 100 livres du premier sur 11 livres du second : en profitant du jour que les chimistes ont répandu sur la métallurgie, on peut apercevoir, comme il suit, le principe sur lequel est fondé cet alliage à l'usage des bouches à feu.

266. Le cuivre étant parmi les métaux celui qui, après le fer, a le plus de ténacité, et qui, après ce même métal, est le moins susceptible des impressions du feu, sert de base à l'alliage

de la fonte, en vertu de ces deux qualités essentielles aux armes à feu; mais comme le cuivre, en se rapprochant si fort du fer par les bonnes qualités, lui ressemble presque autant par les mauvaises, puisqu'il est très-réfractaire et fort sujet à la rouille, et que d'ailleurs il a des défauts qui lui sont particuliers, comme d'être sujet aux soufflures et d'être trop mou, on est obligé, pour modifier ces mauvaises qualités du cuivre, de l'allier avec l'étain.

267. L'étain étant très-fusible, et pour ainsi dire inaltérable à l'humidité de l'air, la plus grande fusibilité de la fonte et sa moindre sujétion à la rouille, sont aisées à déduire de ce principe de chimie, que *le composé de plusieurs substances participe des propriétés des substances composantes;* faute d'avoir connu ce principe, bien des personnes ont prétendu que l'alliage du cuivre et de l'étain ne pouvoit être propre à l'usage des bouches à feu, parce que, disoient-elles, l'étain doit rester en fusion long-temps après la fixation du cuivre, et se calciner dans la fonte. J'avoue que si cela étoit ainsi, ces personnes auroient très-grande raison; mais pour que cela fût, il faudroit aussi qu'il n'y eût aucune combinaison entre le cuivre et l'étain, et par conséquent aucune affinité, ce qui est démenti par l'expérience: ainsi,

Digitized by Google

puisque ces deux métaux se combinent, il doit arriver, par rapport à leur combinaison, ce qui arrive à toutes les combinaisons chimiques, en vertu du principe que nous avons rappelé, c'est-à-dire, que le cuivre doit communiquer à l'étain une partie de la qualité qui le rend réfractaire, comme celui-ci lui communique une partie de sa fusibilité; de même que l'eau, qui est une substance des plus volatiles, acquiert, en se combinant avec la terre dans la composition des substances salines, la propriété de résister d'autant à l'action du feu, que la terre qui est la substance la plus fixe, entre en plus grande quantité dans cette combinaison.

268. Mais pourquoi la fonte est-elle plus compacte, plus dense, plus dure et plus sonore que le cuivre, puisque l'étain est encore plus rare, plus mou et beaucoup moins sonnant que ce métal?

Pour répondre à la question et expliquer ce phénomène, nous observerons que les soufflures qui altèrent la compacité naturelle des métaux coulés, ne sont dues qu'aux substances hétérogènes, terreuses, vitrescibles et expansibles à l'action du feu, qui n'ont pu être scorifiées par la fusion : or, lorsqu'on projette dans un bain de cuivre un lingot d'é-

Digitized by Google

tain, cet étain, en s'insinuant dans le cuivre fondu, l'atténue pour ainsi dire en le divisant, augmente sa fluidité et le dégage de ses matières tenaces, qui viennent se scorifier à la surface du bain, comme nous le voyons à chaque fonte; ainsi, par cette première cause, la fonte doit être nécessairement plus compacte que le cuivre; et en second lieu, parce que l'étain, en augmentant la fusibilité du cuivre, retarde son figement : or, la fonte restant plus long-temps fusible dans le moule, doit s'affaisser plus librement; ce qui doit encore diminuer le nombre et la grandeur des soufflures, et par conséquent augmenter la compacité de la matière.

Pour achever d'expliquer le reste du phénomène, nous observerons encore que les métaux, à raison de leur ductilité, s'affaissent et s'étendent sous les coups de marteaux, ce qui est dû à leur porosité, à la force de cohésion et à l'étendue plus ou moins fibreuse de leurs parties métalliques, qui se tassent, s'embranchent et se filent pour ainsi dire les unes sur les autres. La grande ductilité du cuivre et sa porosité l'assujettissent donc à cet affaissement, lorsqu'il est frappé ou pressé par quelque corps, et c'est ce qui le fait regarder comme peu propre à être employé seul à la fonte des

Digitized by Google

bouches à feu, parce que les mobiles feroient, dans l'âme des pièces, des enfoncemens et des évasemens qui les mettroient bientôt hors de service; mais lorsque le cuivre est combiné avec l'étain, ce dernier métal s'insinuant dans les pores du premier, diminue la grandeur et le nombre de ces pores (comme le prouve évidemment la pesanteur spécifique de la fonte comparée avec celle qu'elle devroit avoir, sans pénétration réciproque des deux métaux); ce qui, diminuant l'affaissement du cuivre dans la percussion, à raison d'une moindre porosité, est en partie cause de la plus grande dureté de la fonte; en outre, par cette intromission des parties métalliques de l'étain, les parties fibreuses du cuivre se trouvant plus tendues, et la masse de l'alliage ayant plus de continuité, leur ressort augmente nécessairement avec leur ton; de là vient que la fonte se trouve plus dure et plus sonore que le cuivre.

269. Quelques bonnes que soient les influences de l'étain, elles ne sont pas malheureusement sans inconvénient; car en augmentant par la tension le ressort des parties fibreuses du cuivre, il les dispose plutôt à se casser, ce qui est cause aussi que la fonte est plus cassante, et qu'on ne peut lui donner, par l'entremise de l'étain, toute la dureté

Digitized by Google

qu'exigeroit le service des bouches à feu, puisque ce ne pourroit être qu'au préjudice de la force de cohésion, qui leur est encore plus essentielle; d'ailleurs, cette plus grande dureté qu'on donneroit à cette fonte, par ce moyen, ne seroit qu'une qualité illusoire, qui disparoîtroit évidemment dans le temps où elle devient plus nécessaire, c'est-à-dire à mesure que ces bouches s'échauffent à force de tirer, parce que la grande fusibilité de l'étain, rendant, comme nous avons vu, la fonte plus fusible, doit plutôt la disposer aussi à tous les différens degrés de mollesse et de flexibilité qui précèdent la fusion.

Il paroît donc que ce n'est pas dans les différentes proportions de cuivre et d'étain, qu'il faut chercher la meilleure fonte à l'usage des bouches à feu, puisqu'on ne peut augmenter la dureté de cet alliage, insuffisante pour le service, sans tomber dans un inconvénient plus dangereux; mais il paroît qu'il faut diriger ses vues sur quelque autre alliage qui, moins frayeux, soit en même temps plus dur que celui de nos fontes actuelles, sans être moins cohérent et moins ferme, et sans que cette plus grande dureté puisse, comme dans celui-ci, se perdre ou même s'altérer dans un service forcé.

Digitized by Google

Quoique tout, dans la théorie, paroisse annoncer des succès dans cette recherche, on ne peut cependant se flatter de réaliser ses espérances, qu'autant que l'on pourra s'aider de l'expérience; et comme dans ce genre elle n'est concluante que dans une opération en grand, autant hors de la portée des particuliers que peu frayeuse pour le gouvernement, il seroit à souhaiter, vu l'importance de l'objet, que le gouvernement voulût bien accorder, tous les ans, au Corps royal de l'artillerie, jusqu'à ce qu'on fût parvenu à l'amélioration désirée, ou à démontrer l'impossibilité d'y arriver, quelques fonds pour la recherche et l'exécution d'un projet d'alliage reconnu, par un Mémoire présenté aux inspecteurs-généraux de ce corps, le meilleur au concours, comme plus praticable, et devant tendre, par plus de points, à la solution du problème.

Comme on ne doit pas même se flatter d'arriver au but du premier pas, mais par des tâtonnemens indispensables, il conviendroit, pour n'être pas obligé de revenir sur ses pas, et de multiplier ainsi les dépenses faites par le gouvernement, de faire mention chaque année, sur un registre, et dans le plus grand détail, des procédés employés à la formation de l'alliage, des difficultés qui s'y seroient pré-

Digitized by Google

sentées, et des moyens mis en usage pour les surmonter; et après avoir soumis ces bouches à feu coulées aux épreuves relatives au service, il y seroit également fait mention des avantages et des inconvéniens reconnus d'après les discussions impartiales, afin de les faire servir de données pour les années suivantes, pour l'admission ou le refus des projets présentés au concours, et pour arriver ainsi, par gradation, à la solution désirée.

Ayant été présent à une expérience faite en 1780, à la fonderie de Douai, qui, pour n'avoir pas eu le succès que s'en étoit promis son auteur, ne renferme pas moins quelques lumières, je crois devoir la consigner ici avec tous ses détails, pour en retirer le peu de fruit qu'elle présente.

270. Feu M. Brégeot, lieutenant, avec commission de capitaine au régiment d'Auxonne, doué d'une imagination vive, qui ne lui permettoit pas toujours de s'arrêter sur les principes, qui cependant, dans les sciences comme dans les arts, doivent toujours guider dans les recherches, conçut, d'après une expérience qu'il avoit faite en petit, le vaste projet d'exécuter en grand un alliage pour la fabrication des bouches à feu, qui devant, selon lui, avoir plus de cohérence et de fermeté que la fonte

Digitized by Google

grise, et être en même temps beaucoup moins frayeuse que la fonte verte, auroit pu, par cette raison, être substituée à cette première fonte dans la fabrication des canons à l'usage de la marine.

Ces avantages présentés de bonne foi, dans un Mémoire adressé au ministre de la marine, firent obtenir à M. Brégeot l'ordre de se transporter à Douai, où l'on devoit lui fournir, à la fonderie, tout ce qui lui étoit nécessaire, tant pour essayer la possibilité de la formation de son alliage, que pour en couler ensuite trois bouches à feu; savoir: un mortier de 10 pouces, une pièce de canon de campagne, du calibre de 8, et une de campagne du calibre de 4.

Après quelques expériences préliminaires, faites en petit au laboratoire de chimie de l'école, ou à la fonderie, pour essayer la composition de l'alliage, ce qui seroit trop long à rapporter ici, M. Brégeot se détermina à commencer son expérience en grand, le 4 mars.

Il étoit question, dans cette expérience, d'allier le cuivre, le fer et le zinc, et de couler de cet alliage une pièce de canon de campagne, du calibre de 4, et une petite pièce, modèle d'un canon de 24, qui, toute finie, devoit peser environ 60 livres.

Comme ces trois substances métalliques ont

différens degrés de fusibilité, et que d'ailleurs le zinc, qui est le plus fusible, s'enflamme et se sublime à un degré de chaleur fort au-dessous de celui qui est nécessaire au fer et même au cuivre, pour entrer en fusion, M. Brégeot avoit demandé la construction d'un petit fourneau à réverbère pour fondre son zinc séparément, et attenant à celui dans lequel il se proposoit de former son alliage, afin d'avoir la facilité de l'y faire couler lorsqu'il le jugeroit à propos; et pour se mettre à l'abri de toute difficulté sur la fusion du fer, il se détermina à le fondre aussi séparément à la poche. Le fourneau dans lequel le cuivre devoit être fondu, et dans lequel aussi les trois métaux devoient être réunis pour former l'alliage, étoit de 2200 livres de charge.

La veille du jour de la fonte, les métaux avoient été pesés exactement, et la charge composée comme il suit :

Cuivre.	Rosette de Mansfeld. 599 l.	1200 l.	2200 liv.
	Monnoie de Suède.. 601		
Fer en fragmens de bombes de 6 pouc.		168	
Zinc en petits saumons.....		832	

Le feu fut allumé le 4, à deux heures du matin; le fourneau étant vide, contre l'usage, vraisemblablement dans l'intention de l'échauf-

Digitized by Google

fer préliminairement, à sept heures du matin on commença à y mettre le cuivre; à une heure et demie après midi, on donna le vent aux soufflets de la poche pour fondre le fer, et il fut coulé très-liquide dans le fourneau où le cuivre étoit déjà en bain, à trois heures un quart.

Le petit fourneau à fondre le zinc, ayant été aussi échauffé préliminairement une heure d'avance, ce demi-métal y fut mis à fondre à deux heures et demie après midi, et il fut coulé dans le fourneau, où étoient déjà le cuivre et le fer, à trois heures et demie, c'est-à-dire, un quart d'heure, à peu près, après le fer, et l'on coula tout de suite.

A l'instant que le zinc arriva sur le bain du grand fourneau, il y eut comme une petite effervescence qui donna de légères éclaboussures; cette substance métallique s'alluma tout de suite, et brûla non-seulement pendant tout le temps qu'elle mit à se répandre dans le grand fourneau, mais même pendant tout celui de la coulée. Tout l'atelier, pendant cette combustion, étoit rempli d'une fumée blanche qui, en montant, se transformoit en laine philosophique (chaux de zinc) par le refroidissement, et retomboit ensuite. La vivacité de la flamme du zinc étoit telle, qu'elle masquoit tout; de manière que lorsque la matrice du grand four-

neau ne rendit plus rien, on ne put s'apercevoir si tout le bain avoit coulé, le fourneau fournissant encore, par toutes ses ouvertures, la flamme la plus éblouissante : la coulée finie, on boucha, comme à l'ordinaire, la porte et les évents.

Le lendemain 5, la pièce fut retirée de la fosse, et sa masselotte ayant été sciée et cassée, présenta, dans sa cassure, un grain très-uni de couleur citron pâle; le 6, les matières provenues de cette fonte furent pesées séparément.

La pièce pesa.....	828 liv.	1808 liv.
Sa masselotte.....	651	
La petite pièce-modèle et sa masselotte.	90	
Le canal et les jets.....	239	

Ces matières ne formant ensemble qu'un poids de 1808 livres, offroient un déchet peu vraisemblable de 392 liv., ce qui détermina à visiter l'intérieur des fourneaux, et l'on trouva d'abord dans celui où le zinc avoit été fondu 108 liv. de ce métal qui, faute de fluidité, n'avoit pas coulé; et ensuite, dans le grand, 150 liv. de matière qu'on reconnut être du fer agglutiné sur le pavé du fourneau en forme de grappe : cette découverte réduisit donc le déchet de la charge à 134 liv., mais elle indiqua malheureusement que l'alliage avoit été

Digitized by Google

manqué, puisqu'il n'y étoit pas entré un atome de fer.

M. Brégeot, à qui les moyens employés avoient vraisemblablement paru douteux, fut moins surpris de cet événement, et à la vue de l'impossibilité qu'il y avoit de s'en procurer ici de plus sûrs, il termina ses expériences, ne voulant pas davantage commettre au hasard la réussite d'un alliage que les expériences qu'il a faites en petit, démontrent très-possible.

Il avoit fait couler deux jours auparavant une petite pièce pareille à celle qui a été coulée le 4 avec la pièce de campagne; l'alliage fut très-bien fait, le cuivre et le fer ayant été fondus ensemble à la poche avec du charbon de bois, et le zinc dans des cuillers de fer; mais la pièce fut manquée, faute de masselotte : M. Brégeot ayant cru pouvoir s'en passer, ce moyen d'économie entrant pour beaucoup dans son système de fabrication.

La pièce de campagne, après avoir été forée, et après avoir subi l'épreuve ordinaire, a été ensuite poussée à bout sans ménagement, puisqu'en trois séances elle a tiré 750 coups; dans les 25 derniers, elle tiroit encore assez juste : l'intérieur de l'âme étoit alors éraflé par les traînemens des boulets pris sans choix dans

Digitized by Google

la butte, le logement de la poudre étoit évasé de deux lignes et demie, et elle avoit un peu courbé vers la volée.

271. D'après l'expérience de M. Brégeot, il est évident, comme je l'ai déjà dit par anticipation, que le zinc n'enlève point sensiblement la malléabilité des métaux avec lesquels il s'allie même en grande dose; et si je pouvois ignorer les motifs qui ont fait proscrire le zinc des fontes ordinaires de l'artillerie, où il entroit avant l'introduction du forage dans cette fabrication, j'ajouterois même encore ici que c'est vraisemblablement sans raison qu'on le proscrit de la fonte verte, ou que si cette exclusion est due à quelque mauvaise influence reconnue lorsqu'il étoit employé dans cette fonte par l'entremise du laiton, ces mauvais effets ne peuvent s'attribuer qu'aux parties hétérogènes à cette substance métallique contenue dans la calamine qui passoit vraisemblablement avec lui dans le cuivre jaune, lorsqu'on n'avoit encore d'autre procédé de former cet alliage, que celui de la cémentation du cuivre rouge et de la pierre calaminaire.

Mais actuellement, qu'en traitant ce demi-métal dans les vaisseaux clos, on est parvenu à le dégager entièrement de sa gangue, et à

Digitized by Google

s'en procurer de très-pur, il est à présumer qu'employé dans les fontes au lieu de l'étain, ou plus vraisemblablement avec l'étain, et au degré de pureté où il est dans le commerce, il formeroit un alliage avec le cuivre, indubitablement plus dur et plus compact que l'alliage usité, parce qu'il est plus dur que l'étain, et qu'il a avec le cuivre beaucoup plus d'affinité. D'ailleurs, étant moins fusible que l'étain, il seroit aussi moins disposé que ce métal à ramener par la chaleur, dans un service forcé, la fonte au degré de mollesse et de flexibilité qui la fait courber dans cette circonstance de service.

Cet alliage, selon ces conjectures, seroit donc plus propre à la fabrication des bouches à feu; et quelque favorable que leur soit l'expérience de M. Brégeot, ce n'est point cependant à elle que j'en appellerai définitivement, parce que le zinc y étoit en trop grande quantité, et y influoit trop; il faudroit sans doute l'employer dans l'alliage en moindre proportion, et faire là-dessus des tâtonnemens qui conduiroient indubitablement au *maximum*.

272. Quelle que soit la force d'affinité ou la tendance que les différentes substances métalliques ont à s'allier, il est cependant vrai qu'elles ne peuvent se pénétrer réciproque-

Digitized by Google

ment, que lorsque leurs parties intégrantes n'ont entre elles aucune cohésion, parce qu'elles peuvent alors se livrer toutes en particulier à cette tendance à l'union; et comme ce n'est que par une fusion parfaite que toutes les parties intégrantes de métaux sont aussi incohersibles, il est clair que l'alliage sera d'autant meilleur, que la fusion aura été plus parfaite.

Pour faciliter la fusion, quelques fondeurs joiguent aux matières métalliques des substances salines, telles que le nitre, le tartre, etc., et des substances inflammables, telles que les graisses et le charbon pulvérisé, les premières pour faciliter la fusion, en qualité de fondans, et garantir ensuite, comme plus légères, la surface du bain du contact de l'air, et les dernières, pour fournir continuellement du carbone, pour neutraliser l'oxigène auquel les parties métalliques pourroient tenir encore, et c'est en vertu de ces effets qu'on appelle ces additions *flux réductif* dont je ne donnerai pas ici la composition, parce que les fondeurs qui en usent se la réservent, et que d'ailleurs ces fondans sont inapplicables dans les opérations en grand.

273. Quelque convenable que soit un alliage à la fabrication des bouches à feu, tant

par les bonnes influences des matières constituantes et par leurs justes proportions, que par un mélange intime procuré par une bonne fusion, la solidité de leurs matières est encore assujettie à la manière de les couler.

Les avis sont bien unanimes sur la disposition des moules dans la fosse; tout le monde convient que leurs axes doivent être verticalement situés, et portés par les culasses, afin de pouvoir couler par les volées; mais comme on est encore divisé d'opinion entre la méthode de couler plein, qui est actuellement usitée, et celle de couler à noyau, qu'on pratiquoit autrefois, voyons quelle est la méthode à préférer.

On appelle couler plein, lorsqu'on coule la bouche à feu massive, et qu'on force ensuite son âme, et l'on appelle couler à noyau, lorsqu'on place dans le moule un noyau qui, occupant la capacité de l'âme, ne laisse de vide à remplir dans la coulée que celui qui représente la vraie forme de la bouche à feu.

Avant de mettre ces deux méthodes en parallèle, il faudroit avoir trouvé un expédient qui, dans la première, fournît le moyen d'assujettir le noyau d'une manière assez solide, et si convenable, qu'il puisse toujours rester concentrique à l'axe de la pièce, soit en résistant

invinciblement à la dilatation que lui cause la chaleur du métal en fusion et en incandescence dans le moule, ou en se prêtant à cette dilatation sans se fausser; puisque c'est cette difficulté qui, ayant paru jusqu'à présent à la rigueur insurmontable, a donné lieu, pour plus grande sûreté, à la méthode de couler plein, c'est-à-dire sans noyau, quoique véritablement plus dispendieuse, puisqu'en employant beaucoup plus de métal, il y a plus de déchet à supporter, qu'on ne peut pas couler le même nombre de pièces dans un même fourneau, et qu'il en coûte plus pour les finir.

Supposons maintenant cet obstacle levé, et sans avoir égard aux plus grands frais de fonte et de fabrication, comparons les deux méthodes.

Les partisans de l'ancienne objectent contre la nouvelle, que le métal, à raison d'un plus grand volume, restant plus long-temps en fusion dans le moule, doit être bien moins combiné dans un canon coulé plein, que dans un autre du même calibre coulé à noyau, parce que, disent-ils, l'étain, à raison d'une plus grande fusibilité, restant plus long-temps liquide que le cuivre, abandonne celui-ci dans les parties qui se figent les premières, c'est-à-dire dans celles qui adhèrent au moule, et en-

Digitized by Google

suite successivement dans celles qui s'en éloignent en avançant vers l'axe : l'étain doit donc passer des parties qui adhèrent au moule, à celles qui l'avoisinent, de là, et successivement à celles qui s'approchent de l'axe, aux environs duquel il doit s'amasser en d'autant plus grande quantité, que la fusion dure plus longtemps ; ce qui, selon cette opinion, doit altérer d'autant plus l'homogénéité de l'alliage, que le volume ou le calibre est gros, en viciant par défaut d'étain la partie de la masse qui doit former le canon.

Pour donner plus de force à leurs raisonnemens, ces partisans du noyau prétendent s'étayer de l'expérience, en faisant observer que les cassures des masselottes présentent un grain d'autant plus gros, que le calibre est plus fort, ce qu'ils attribuent à une mauvaise combinaison des métaux vers le centre de la masse, où correspondent les cassures occasionnées par cette prétendue surabondance d'étain, qui s'y manifeste par des molécules isolées de ce métal, d'autant plus apparentes que le volume de la masse est plus considérable.

Les partisans de la nouvelle méthode soutiennent au contraire, que bien loin de regarder cet effet comme une preuve de la décomposition de la fonte, on doit plutôt le regarder

Digitized by Google

comme une propriété qu'a l'alliage de se débarrasser d'autant mieux de la quantité d'étain qui lui est surabondante, et de le ramener d'autant plus près du centre de la masse, que la fusion dure plus long-temps dans le moule; et que par conséquent le volume du métal est plus considérable, ce qui, selon cette opinion, améliorerait la partie de la masse qui doit former le canon, en viciant par excès d'étain celle qui occupe les environs de l'axe, et qu'on enlève par le forage.

274. Avant d'examiner si le fait dont les deux parties s'étayent pour se donner gain de cause, est un effet de la décomposition de la fonte ou de sa purification, et devient ou nuisible, ou avantageux à la solidité du canon, j'ai cru qu'il étoit essentiel de l'approfondir, afin d'en tirer quelques lumières qui puissent me servir à prononcer judicieusement.

Dans ces vues, ayant observé scrupuleusement les cassures des masselottes de différens volumes, et situées à différentes distances de l'axe de la masse, j'ai effectivement reconnu que le grain, dans toute l'étendue de la cassure, se présentoit toujours à proportion plus gros que le volume étoit considérable; que le plan coupant étoit plus près de l'extrémité supérieure de la masselotte, et que ces molé-

cules blanches, qu'on prend pour de l'étain pur, qui tiennent cependant beaucoup de cuivre, y étoient aussi à proportion plus distinctes; mais j'ai en même temps reconnu que cet effet ne se présente pas seulement aux environs de l'axe de la masse, comme on le suppose, mais encore dans toute l'étendue du plan coupant, puisque de quelque manière que la cassure soit située, par rapport au centre du plan, le grain s'y présente toujours à proportion plus gros que le volume est plus considérable, et le plan coupant plus près du haut de la masselotte, et semblablement parsemé de molécules d'étain, plus grosses et plus distinctes dans le même rapport, même dans les cassures qui s'étendent jusque vers la circonférence du plan coupant, comme j'ai été à portée de l'observer quelquefois.

Il suit donc de mes observations que l'agrégation supposée de l'étain vers le centre de la masse, n'a pas lieu, et que le fait allégué se réduit seulement à présenter toujours dans la cassure un grain à proportion plus gros et parsemé de molécules d'étain plus apparentes dans le même rapport, que le volume est plus considérable, et le plan coupant plus près de l'extrémité supérieure de la masselote, et cet effet n'étant pas plus dû à la décomposition

de la fonte qu'à sa purification, exposons-en les véritables causes.

275. 1°. L'expérience prouve qu'il en est des substances métalliques en fusion, comme des substances salines en dissolution, qui fournissent des cristaux d'autant plus gros, que l'évaporation du dissolvant est plus lente; de manière que les métaux, en se solidifiant, prennent aussi un grain d'autant plus gros, que le feu qui les tenoit pour ainsi dire dissous, s'échappe moins vite; et comme cet abandon est en raison des surfaces, dont les gros volumes ont moins à proportion que les petits, il est évident qu'un gros volume de matière en fusion, doit, en se solidifiant, prendre un grain plus gros que celui d'un plus petit, mais de semblable volume.

2°. Pour expliquer d'une manière satisfaisante la cause qui, dans les cassures, rend de plus en plus les molécules d'étain grosses et apparentes à mesure que le volume ou le calibre augmente, il suffit d'exposer un fait très-analogue et à la portée de tout le monde.

Les huiles essentielles étant solubles dans l'esprit-de-vin, si l'on verse dans une quantité de ce menstrue une huile essentielle quelconque, par exemple de citron, et en quantité surabondante au point de saturation, et qu'on

agite le mélange, l'huile disparoîtra entièrement, comme si elle étoit totalement dissoute par l'esprit-de-vin; mais si on laisse reposer le mélange, on verra bientôt les parties de l'huile surabondantes au point de saturation, se rassembler par l'affinité d'agrégation indifféremment dans toute la masse, d'abord en petits globules presque imperceptibles, qui, grossissant à mesure, deviendront d'autant plus visibles et indépendans de l'esprit-de-vin, qu'il se sera plus écoulé de temps depuis l'instant de l'agitation.

D'après cet exposé, il est aisé de concevoir que l'étain surabondant au point de saturation du cuivre, ou mal combiné avec le cuivre, comme je le ferai observer ailleurs, se trouvant dans l'alliage en fusion par l'agitation du feu, dans le même cas que l'huile essentielle mêlée avec de l'esprit-de-vin, cet étain doit donc, à mesure que la cause du mouvement cesse, ce qui arrive après la coulée, puisque le métal dans le moule n'est plus, comme dans le fourneau, en proie à l'action d'un feu étranger; cet étain, dis-je, doit alors se rassembler en des globules, d'autant plus visibles, et séparés des parties intégrantes de la fonte, que l'affinité d'agrégation peut avoir lieu plus longtemps, ce qui dépend du temps que le métal

reste en fusion dans le moule, et par conséquent de la grosseur du volume.

276. 3°. Les métaux ayant, dans l'état de solide, plus de pesanteur spécifique que lorsqu'ils sont en fusion, il doit arriver nécessairement que les parties qui, après la coulée, se solidifient les premières, ne pouvant rester suspendues dans le bain, tombent au fond du moule ou s'attachent contre leurs parois, et de cette espèce de sédiment se forment successivement les différentes parties du canon, en commençant par la culasse et finissant par l'extrémité supérieure de la masselotte. Or, dans cette formation progressive, la matière doit prendre d'autant plus de densité, qu'elle se trouve, en se figeant, surchargée d'un poids plus considérable, et que la chute des parties intégrantes qui la composent est plus libre, en se faisant à travers un bain plus liquide, qui leur laisse plus de liberté dans la tendance à l'arrangement respectif qui leur est particulier; et au contraire le métal doit être d'autant plus poreux qu'il approche plus de l'extrémité supérieure de la masselotte; d'où il suit que la cassure doit présenter un grain d'autant plus gros, qu'elle est faite plus près de cette extrémité, et que les molécules blanches disséminées dans la masse, en remplissant ses pores,

Digitized by Google

doivent paroître plus grosses et plus distinctes dans le même rapport.

Mais bien loin qu'elles soient plus ramassées vers le centre du plan coupant, comme on se l'imagine, il arrive, au contraire, lorsque cette matière tenant de l'étain par excès, est fort abondante, ce qui a ordinairement lieu lorsqu'on fait entrer dans la charge du fourneau beaucoup de matière neuve, non combinée par une fonte préparatoire, il arrive alors, dis-je, que cette matière mal combinée, étant poussée en dehors, vient tapisser la surface extérieure des bouches à feu, ou s'insinue dans les croûtes des moules, lorsqu'elle est exsudée vis-à-vis de quelques fentes.

La cause de cette excrétion se trouve dans le plus grand degré de fluidité de cette matière mal combinée, qui, à raison de plus d'étain, se trouvant encore plus fluide lorsque le reste de la masse se resserre, en se consolidant, se trouve pressée comme dans une éponge, et obligée de sortir à travers les pores de la masse, encore un peu ouvert par la chaleur, à la réserve de ce qu'ils peuvent en contenir. C'est cette matière ainsi pressée qui remplit les soufflures, lorsqu'il s'en trouve dans les pièces, et plus fréquemment dans les gros mortiers, aux endroits au-dessus desquels l'af-

faissement de la matière n'est pas bien libre, comme au-dessous des tourillons; et c'est ce qu'en termes de l'art, on appelle sifflet; et c'est en vertu de cet effet qu'on nomme l'étain l'ami du fondeur.

277. D'après tout ce que nous venons de dire, il est très certain que dans la méthode de couler à noyau, la matière doit prendre un grain plus fin, et une densité plus uniforme dans toutes ses parties, par un plus prompt refroidissement; mais malheureusement il n'est pas moins vrai que cet avantage est au préjudice d'abord de la force de cohésion de l'alliage, puisque la densité est toujours moindre, et que les ramifications métalliques y sont moins étendues, et moins bien liées entre elles que dans la nouvelle, où elles ont plus de temps pour se former et s'entrelacer; et c'est ainsi que s'explique, à cet égard, Swedemberg, dans son *Traité du fer*, traduit du latin par M. Boucher, section 4e : « car le trop prompt » refroidissement, non-seulement trouble l'ar- » rangement des parties, mais il empêche en- » core que l'une ne s'applique à l'autre et ne » se mette dans la position naturelle, en les » tenant divisés. »

Dans la méthode de couler à noyau, l'alliage y est plus exposé aux soufflures que dans la

Digitized by Google

méthode de couler plein, car la plupart des soufflures qui se rencontrent dans les métaux coulés, ne sont dues, comme le fait remarquer M. Costic dans un Mémoire inséré dans ceux de l'Académie, qu'aux substances expansibles à l'action du feu, qui se trouvent faire partie des matières dont on compose les moules, et dont il se détache toujours quelques débris dans la coulée; cet inconvénient est donc d'abord plus à craindre dans cette première méthode, puisque, à cause du noyau, la surface du moule est intérieurement d'un tiers plus grande; d'ailleurs, le refroidissement, comme nous l'avons dit, y étant plus subit, les substances expansibles qui forment accidentellement les soufflures dans l'intérieur de la masse métallique, ayant moins de temps pour gagner la masselotte, doivent plus souvent altérer la compacité de la matière.

278. Il reste enfin une observation à faire, qui constitue un avantage incontestable à la méthode de couler plein sur celle à noyau.

Lorsqu'on coule des pièces du gros calibre, comme du 24 et du 16, on observe qu'après la coulée, le métal remplissant le moule jusqu'à 6 ou 7 pouces aux environs du bord supérieur de la masselotte, la matière pendant les 4 ou 5 heures suivantes s'affaisse insensiblement et

descend quelquefois de 12 à 14 pouces, ce qui est en plus grande partie l'effet de la pénétration de la matière fluide à travers les terres des moules dans les parties les plus basses, laquelle est d'autant plus abondante, que la colonne du fluide métallique a plus de hauteur, et que la surface du moule, en prise à cette pression, est plus étendue, cet affaissement n'ayant pas lieu dans la coulée des petites pièces, ni dans celle des obusiers et des mortiers, à cause du peu de hauteur de la colonne du fluide métallique comprimante.

Or, dans cette circonstance, il est évident que l'exactitude de l'affaissement de la matière dans les moules, pendant le temps de son expansion à travers les terres, dépend de la promptitude avec laquelle la matière supérieure remplace le vide qu'occasionne la pénétration de la matière inférieure à travers le moule, ce qui dépend de son degré de fluidité ou du degré de chaleur qu'elle conserve, lequel reste incontestablement plus grand après un même espace de temps dans la méthode de couler plein, tant par un plus grand volume de matière fluide, que par une moindre surface du moule en contact avec cette matière; ainsi, quand même dans les deux méthodes la retraite de la matière seroit la même dans les moules,

Digitized by Google

son affaissement seroit bien plus libre dans la méthode de couler plein par un plus grand degré de chaleur; mais dans ces deux méthodes, la colonne du fluide métallique devant être nécessairement la même dans un même calibre, la vitesse d'expansion du métal à travers les terres doit être la même aussi, et en supposant toutefois que les terres qui enveloppent les noyaux ne soient pas comme celles de la chape, perméables au métal en fusion, la quantité des matières absorbées dans un même espace de temps, doit être la même aussi dans les deux moules, et comme cette égale soustraction s'opère dans la méthode de couler à noyau sur un moindre volume de matière, elle doit y occasionner, dans le même espace de temps, un plus grand vide à remplacer, et par conséquent une retraite plus considérable; ce qui exigeroit pour la même efficacité, d'autant plus de chaleur et de fluidité dans celui-ci, ce qui est positivement tout le contraire; l'affaissement de la matière étant donc plus libre dans la méthode de couler plein, elle doit être plus dense, plus cohérente et plus ferme.

279. Parmi tous les moyens employés dans la fabrication des bouches à feu, pour donner

à leurs matières la solidité qui leur convient; la masselotte est un des plus efficaces.

On entend par masselotte, dans la fonte des bouches à feu, une masse de métal contenue dans la prolongation du moule, du côté de la volée dans les bouches à feu coulées par la volée, et du côté de la culasse dans celles qui sont coulées par la culasse, comme le sont les mortiers de 12 pouces et ceux de 10 à grande charge.

M. Leblond, dans son *Artillerie raisonnée* (p. 51), dit seulement, en parlant des masselottes : « que l'on fait le moule plus long que la » pièce, afin de charger le métal dont elle doit » être composée d'un poids considérable, qui » en presse ou comprime toutes les différentes » parties. »

Ce que dit M. Leblond, ne donnant qu'une idée incomplète de la masselotte, il est à propos d'entrer ici, à ce sujet, dans un plus grand détail.

La masselotte a pour objet, 1°. de nourrir la matière du moule à mesure qu'elle est absorbée par les terres de la chape, et qu'elle diminue de volume en se consolidant.

2°. Le métal le plus pur dans les essais, occupant toujours le fond du creuset, il est

évident que dans les grandes fontes la même loi doit subsister, surtout par rapport à l'alliage du cuivre et de l'étain, qui, par la pénétration réciproque des deux métaux, l'augmente en pesanteur spécifique : ainsi, si le métal, dans les premiers instans de la coulée, c'est-à-dire lorsqu'il est encore dans une fusion parfaite, contient dans sa totalité quelques parties mal fondues, ou mal combinées, ou enfin quelques hétérogénéités, elles gagneront le dessus de la fonte, c'est-à-dire la masselotte, en laissant dans le moule de la pièce le métal le plus pur, le plus homogène et le mieux combiné; d'où il suit que la masselotte a non-seulement pour objet de remplir le vide qu'occasionneroit l'absorption des terres du moule et l'affaissement du métal, comme nous l'avons déjà dit, mais encore de purifier la matière en absorbant les hétérogénéités du métal, qui, sans cette précaution, se trouveroit vicié et rempli de soufflures jusqu'à plus de deux pieds au-dessus de la volée.

Mais quelle est la forme de la masselotte la plus convenable à cet effet ? Il paroît qu'il faut, pour faire en sorte que la masselotte remplisse parfaitement son objet, que son contenu non-seulement se consolide après tout ce qui est au-dessous, afin d'attirer et de recevoir les

crasses et les scories qui surmontent, mais même qu'elle conserve sa fluidité quelque temps après l'induration des parties inférieures, afin qu'elle puisse fournir à la retraite, qui suit de près.

C'est dans ces vues que l'ordonnance a fixé des poids considérables pour les masselottes, afin d'obliger les fondeurs à leur donner une supériorité de volume qui leur conserve plus long-temps leur fluidité.

280. Les mêmes raisons qui prouvent la nécessité de la masselotte dans la coulée des bouches à feu, déterminent aussi à les couler par la volée, ainsi qu'il est prescrit par l'ordonnance; car d'après l'exposé des fonctions de la masselotte, il est évident que la matière qu'elle contient doit être moins compacte et moins ferme que la matière des bouches à feu qu'elle surmonte, et que la compacité et la fermeté des différentes parties de celles-ci doit augmenter, à mesure que ces mêmes parties s'éloignent de la masselotte; d'où il suit nécessairement que la culasse et le premier renfort qui doivent, dans le tir du canon, par exemple, soutenir la plus violente action de la charge, prennent dans la coulée, comme plus basses, plus de densité et de fermeté que les autres parties plus élevées, ce qui seroit positive-

ment tout le contraire, si l'on couloit par la culasse.

281. Il nous reste maintenant à examiner s'il est réellement avantageux de tourner les pièces extérieurement.

La raison d'économie qu'on allègue d'abord contre la méthode de tourner les pièces à l'extérieur, en assurant que c'est une opération que l'on pourroit éviter, n'est pas même spécieuse; car l'opération du tour, en rendant uniforme la résistance des bouches à feu autour de chaque point de leur axe, permet encore de donner avec précision, aux différentes parties, les dimensions prescrites; ce qui, en les allégeant d'un poids inutile et mal distribué, les rend par là moins dispendieuses, en faisant rentrer dans la masse des fontes cette matière employée à pure perte, et qui ne serviroit qu'à les renchérir.

Il est bien vrai que cette matière se trouveroit dans la refonte, lorsque ces bouches à feu ne tomberoient point entre les mains de l'ennemi; mais le déchet passé au fondeur en raison de cette surabondante matière, seroit toujours perdu pour le gouvernement, et cette perte réelle seroit au moins, dans les gros calibres, équivalente au prix passé pour la façon du tour.

Mais tout motif d'économie ne devant être d'aucun poids, lorsque le bien du service s'y oppose, voyons si les raisons qu'on allègue pour ne pas tourner les pièces de canon, sont plus solides.

On objecte d'abord qu'en décapant, pour ainsi dire, le métal par le tour, on découvre ses pores, qui se trouvoient fermés par une espèce de couverte que la terre du moule forme sur le métal en se vitrifiant à sa surface; ce qui donnant issue à l'humidité de l'air, toujours imbibée d'acide, elle s'insinue dans ses pores, corrode et rouille la surface de ces canons, bien plus efficacement qui si on leur avoit laissé cette croûte qui les enveloppoit.

Cette objection, qui pourroit seulement être de quelque poids vis-à-vis les pièces de canon de fer, n'est pas supportable ici; car quoiqu'on ne puisse dire que la fonte n'est pas entièrement exempte de rouille, il faut cependant convenir que son action est trop peu de chose pour dégrader sensiblement les canons, et que l'avantage de les en garantir ne peut être mis en concurrence avec celui qu'on trouve en les tournant extérieurement et en les allégeant, comme nous avons déjà dit, d'un poids inutile et mal distribué; effet inévitable de l'imperfection du moule, occasionnée par la retraite plus

ou moins grande que prennent ses différentes parties en se séchant, et en se contractant; altération de forme qui se manifeste toujours sensiblement sur le tour, par quelque endroit, à l'extérieur des pièces, quelque bien cintrées qu'elles soient.

582. Ce n'est pas là la seule objection que l'on fait contre la méthode de tourner les pièces, mais on soutient encore que la croûte qui enveloppe le canon (on appelle ainsi la surface des pièces non tournées) étant sensiblement plus dure que le reste du métal, doit être aussi plus propre à le garantir des chocs qu'il peut essuyer à sa surface; et que cette espèce de croûte étant un appui plus solide contre l'affaissement du métal, occasionné par les battemens des boulets, la concavité qui en résulte sur les parois de l'âme, doit être moins profonde; d'ailleurs, par la plus grande dureté de cette croûte, la pièce étant moins flexible, cette roideur, dit on, doit nécessairement retarder sa courbure.

En examinant les uns après les autres, les avantages prétendus qui résultent de la conservation de cette croûte, nous trouverons d'abord que le premier seroit trop peu de chose pour y avoir le moindre égard, puisqu'il ne peut être ici question que de ces

chocs que peuvent essuyer les pièces dans les manœuvres et dans les transports, lesquels ne sont jamais assez forts pour les dégrader sensiblement, et encore moins pour les mettre hors de service, car pour les autres chocs, c'est-à-dire, pour les coups de l'ennemi, quel que soit le plus grand degré de dureté qu'on suppose gratuitement à cette croûte, il est évident qu'il seroit toujours insuffisant à cet effet.

Le second de ces avantages n'est pas moins chimérique que le premier, car pour qu'il y eût la moindre apparence que cette plus grande dureté de la croûte supposée, pût contribuer à rendre les battemens des boulets moins profonds, il faudroit d'abord supposer que l'impulsion de la poudre sur le boulet est assez forte pour affaisser le métal dans toute son épaisseur, de manière à rendre les battemens sensibles au dehors par une convexité correspondante à la concavité faite sur les parois de l'âme; mais ces effets sont-ils bien fréquens? N'importe, supposons-les tels, pour donner toute l'étendue possible à cette réfutation.

Comme les coups de boulet non-seulement affaissent le métal, mais le refoulent de manière à former un bourrelet autour de la cavité, ce qui provient de la résistance que la

matière apporte à cet affaissement, il est évident que la seule différence qu'il y auroit alors dans l'effet d'un battement également fort, et aussi violent que nous le supposons, seroit que dans la pièce tournée, la cavité seroit plus grande, mais le bourrelet plus petit et moins élevé; et qu'au contraire dans la pièce brute, la cavité se trouveroit à la vérité moins profonde, mais le bourrelet bien plus saillant, ce qui deviendroit certainement bien plus nuisible et préjudiciable à la pièce et au service.

Enfin, le troisième avantage supposé n'est pas moins illusoire que les autres : cette croûte, quelle que soit la plus grande roideur qu'on lui suppose, n'ayant point assez d'épaisseur pour pouvoir s'opposer invinciblement à la courbure de la pièce, car celle de 5 à 6 lignes qu'on lui donne est gratuite, puisqu'on ne sauroit l'apprécier ni à la casse, ni au ciseau.

Mais quelle est la cause de cette plus grande dureté de la croûte? et cette plus grande dureté existe-t-elle dans toutes les fontes?

Ceux qui l'admettent constamment l'attribuent à une espèce de trempe que le métal, selon eux, prend, en se consolidant sur la surface des moules, ce qui suppose à la fonte la propriété du fer à cet égard, et que les

parois des moules sont assez froides pour opérer cette trempe : deux suppositions également fausses ; car l'expérience dément journellement la première, puisque le cuivre et la fonte ne se trempent pas naturellement comme le fer ; et si les anciens sont quelquefois parvenus à les tremper, ce n'a été que par des procédés qui nous sont inconnus.

La seconde de ces suppositions n'est pas moins inadmissible, puisque le métal, dans tout le temps de la coulée, se balançant dans les moules pour se mettre en équilibre à mesure que son élévation augmente ou diminue dans les différens compartimens du canal, indique qu'il n'est pas encore consolidé, et cette liquéfaction ayant encore lieu quelque temps après, comme le prouve l'absorption des moules, il est évident que le moule, et encore plus ses parois, ayant tout le temps de s'échauffer, ne sauroient tremper le métal qui se consolide pardessus.

L'expérience m'ayant fait voir que ce plus grand degré de la croûte, non-seulement est variable, mais plus souvent devient nul, et qu'il est toujours proportionnel, lorsqu'il existe, à la mauvaise combinaison de la matière, sa cause se présente tout naturellement

dans cette espèce de vernis, formé par la matière exsudée au resserrement du reste de la masse; car personne ne révoque en doute que la fonte ne soit plus dure que le cuivre, et que cette plus grande dureté ne soit due aux influences de l'étain, puisque la dureté de la fonte augmente avec la quantité d'étain qui y entre.

283. Nous verrons dans le cours des procédés suivans le peu de confiance que méritent les méthodes connues et usitées d'apprécier, dans l'alliage de la fonte à l'usage des bouches à feu, le rapport des quantités des deux métaux qui le composent, en même temps que nous apercevrons aussi la nécessité d'en avoir une sûre et précise; pour satisfaire à ce besoin, j'ai eu recours à la chimie; et en m'étayant de ses principes, voici l'analyse que j'ai trouvée, qui ne nous laisse plus rien à désirer à cet égard.

Exposé des principes et du procédé d'une méthode d'analyser, par les menstrues, la fonte à l'usage des bouches à feu.

La fonte à l'usage des bouches à feu, pour le service de l'artillerie de terre, n'étant plus qu'un simple alliage de cuivre et d'étain, qui ne

peut être sensiblement altéré par le peu de zinc que contiennent les vieilles pieces qui peuvent entrer encore dans la charge des fourneaux, comme je le prouverai ci-dessous, cette analyse est fondée sur la propriété qu'a l'acide nitreux, dans l'état d'eau-forte et employé sans le secours du feu, de dissoudre parfaitement le cuivre, sans en calciner une partie sensible, tandis qu'il calcine complétement l'étain et le précipite au fond du vase en chaux très-blanche, comme le prouvent les deux premières expériences rapportées ci-après.

D'après cette propriété de l'acide nitreux, il est évident, premièrement, qu'en faisant dissoudre dans ce menstrue, et sans le secours du feu, un alliage de cuivre et d'étain, la séparation des deux métaux doit s'opérer complétement, l'étain se précipitant en chaux et le cuivre restant dissous; et secondement, en faisant dissoudre dans des quantités égales d'acide, des quantités égales de fonte, mais de différens alliages, la dissolution de celle dont l'alliage contiendra moins d'étain, aura une plus grande pesanteur spécifique, par une plus grande quantité de cuivre qu'elle tiendra dissous, tandis que la pesanteur abso-

lue de son précipité sera moindre par une moindre quantité d'étain qui aura été calcinée, et c'est ce que démontrent la troisième et la quatrième expérience rapportées ci-après.

Cette méthode fournit donc deux moyens à la fois de reconnoître le rapport suivant lequel un alliage de cuivre et d'étain aura été fait; le premier, par la pesanteur absolue de la dissolution; et le second, par la pesanteur absolue du précipité, et ces deux moyens se servent réciproquement de preuve.

Avant de rendre compte des expériences qui doivent constater l'exactitude de cette méthode, il est bon de faire observer que M. le chevalier de Gomer, maréchal des camps, inspecteur-général de l'artillerie, pour lors commandant de l'École de Douai, ayant désiré leur procurer la plus grande authenticité, ordonna qu'on les fît en présence de tous les officiers du régiment de Metz, qui étoit pour lors en cette ville, et que les professeurs de mathématiques en suivissent les procédés et en vérifiassent les résultats, et que le tout fût constaté par un procès-verbal dressé à cet effet.

Les métaux employés à ces expériences ont été pris à la fonderie, et les deux alliages employés dans les troisième et quatrième expériences ont été formés avec la plus grande exac-

titude et les plus rigoureuses précautions, en présence de plusieurs officiers du régiment de Metz et des professeurs.

EXPÉRIENCE PREMIÈRE.

284. Après avoir versé 6 onces d'eau-forte dans un grand gobelet de verre, dont la capacité étoit telle que ce liquide n'en occupoit que le tiers, on a jeté sur cette eau-forte, en différentes reprises, 8 gros d'étain en limaille; à chaque projection, on a vu un bouillonnement suivi d'une chaleur sensible, et l'eau-forte exhaloit des vapeurs rouges; pendant cette ébullition, l'étain se précipitoit en chaux, et la dissolution avoit une couleur de blanc de lait; lorsque les 8 gros de limaille ont été ainsi calcinés, on a pesé le tout, et l'on a trouvé une dissipation de 5 gros.

La liqueur qu'on a décantée de dessus la chaux, deux heures après, étoit encore de l'eau-forte, pourvue de toutes ses propriétés, très-limpide, et entièrement dépouillée de la chaux d'étain, qui y étoit auparavant suspendue.

Après avoir lavé la chaux restée dans le gobelet, plusieurs fois dans l'eau distillée bouillante, et jusqu'à ce que l'eau, en passant sur

le filtre, ne rougît plus la teinture de tournesol, et l'avoir laissé bien sécher sur le feu, on a trouvé qu'elle pesoit 12 gros; de manière que par cette accrétion, le rapport de sa pesanteur à celle de l'étain employé dans l'expérience, étoit celui de 3 : 2.

EXPÉRIENCE DEUXIÈME.

285. Après avoir versé 6 onces d'eau-forte dans un vase de verre pareil au précédent, on a jeté sur cette eau-forte, par différentes reprises, 8 gros de cuivre rouge en limaille, dont 3 gros 15 grains de cuivre monnoie de Suède, 3 gros 15 grains de cuivre rosette, et 1 gros 42 grains de cuivre platons de Hongrie, qui sont les trois espèces de cuivre qui entrent dans l'alliage à l'usage de l'artillerie, et à peu près dans le même rapport : à chaque projection on a vu, comme dans l'expérience précédente, un bouillonnement suivi d'une chaleur sensible, et d'une exhalaison abondante de vapeurs rouges; dans le commencement la dissolution paroissoit verte, et peu à peu, à mesure que l'eau-forte se saturoit de cuivre, elle prenoit une couleur qui tiroit sur le bleu, et qui s'est décidée bleue, lorsque les 8 gros, qui ont suffi à sa saturation, ont été dissous : la dissolution

ayant été pesée immédiatement après qu'elle a été faite, on a trouvé qu'il y avoit eu 4 gros 69 grains de dissipation, et que le tout, par conséquent, se trouvoit réduit à 51 gros 3 grains.

La dissolution ayant été filtrée deux heures après, a passé très-claire; il n'est resté aucun dépôt dans le gobelet, et rien sur le filtre.

Cette dissolution filtrée a pesé 28 gros 28 grains, dans une bouteille qui contenoit 23 gros 71 grains d'eau-forte; il y avoit donc dans ces 28 gros 28 grains de dissolution, 4 gros 29 grains de cuivre dissous; ce qui donne pour les 51 gros 3 grains de la dissolution totale, 7 gros 66 grains, c'est-à-dire une quantité de 6 grains plus petite que celle du cuivre employé, ce qu'on peut accorder à la déperdition inévitable dans ces sortes d'expériences.

EXPÉRIENCE TROISIÈME.

286. Après avoir versé 6 onces d'eau-forte dans un vase de verre, pareil aux précédens, on a jeté sur cette eau-forte, par différentes reprises, 8 gros de limaille, d'un alliage fait selon les proportions suivantes:

		onces	gros.		
Cuivres.	Monnoie de Suède....	4	3	10 onc.	11 onc.
	Rosette.....	4	3		
	Platons de Hongrie...	2	2		
Étain.....			1		

A chaque projection, les mêmes phénomènes que ci-dessus se sont présentés jusqu'à la consommation des 8 gros de limaille; la dissolution et le précipité ayant alors été pesés ensemble, pour juger de la dissipation, elle a été trouvée de 5 gros 2 grains.

La dissolution ayant été filtrée, deux heures après, a passé très-claire et limpide, et ayant ensuite été pesée dans la bouteille, qui contenoit 23 gros 71 grains d'eau-forte, sa pesanteur a été de 28 gros 2 grains; ces 28 gros 2 grains contenoient donc 4 gros 3 grains, ou 291 grains de cuivre dissous.

La chaux d'étain précipitée ayant été lavée et séchée de la même manière que celle de l'expérience première, a pesé 70 grains.

EXPÉRIENCE QUATRIÈME.

287. Il a été employé dans cette expérience la même quantité d'eau-forte que dans les précédentes, et 8 gros d'un alliage fait dans les proportions suivantes :

Cuivres.	Monnoie de Suède..	4 onces.	10 onc.	12 onc.
	Rosette.....	4		
	Platons de Hongrie..	2		
Étain.....		2		

La dissipation a été de 5 gros, et la dissolu-

tion, après la filtration, étoit claire et limpide, et a pesé 27 gros 47 grains dans la bouteille qui contenoit 23 gros 71 grains d'eau-forte; ces 27 gros 47 grains de dissolution, tenoient donc 3 gros 48 grains de cuivre dissous, ou 264 grains, la chaux précipitée ayant été lavée et séchée, comme dans la première et troisième expérience, a pesé 1 gros 69 grains.

PREMIÈRE PREUVE.

288. Les différences des pesanteurs des dissolutions des trois dernières expériences sur celle de l'eau-forte, étant rapprochées, se trouvent dans le rapport suivant :

Expériences.	1re	317 grains.
	2e	291
	3e	264

Or, par une conséquence du principe énoncé ci-dessus, puisque dans ces trois expériences il a été employé la même quantité d'eau-forte, ces différences, qui sont nécessairement dues aux quantités de cuivre dissoutes, doivent être proportionnelles à ces quantités; ainsi, puisque selon le rapport de l'alliage employé dans la troisième expérience, il n'y avoit en cuivre, dans les 8 gros de cet alliage, qui ont été sou-

mis à l'action de l'eau-forte, que les $\frac{11}{12}$ de celui qui a été dissous dans la seconde, la différence de pesanteur de la dissolution de la troisième expérience, ne doit être que les $\frac{11}{11}$ de $317 = 290{,}6$, ce qui approche de bien près 291.

Pareillement, puisque selon le rapport de l'alliage employé dans la quatrième expérience, il n'y avoit en cuivre, dans les 8 gros qui ont été soumis à l'action de l'eau-forte, que les $\frac{10}{11} = \frac{5}{6}$ de celui qui a été dissous dans la seconde, la différence de la pesanteur de la dissolution de la quatrième expérience ne doit être que les $\frac{5}{6}$ de $317 = 264{,}2$, ce qui approche encore de bien près 264.

SECONDE PREUVE.

Dans l'alliage employé dens la troisième expérience, il n'y avoit que $\frac{1}{11}$ d'étain, et par conséquent il ne pouvoit y avoir que 52 grains de ce métal, dans les 8 gros d'alliage soumis à l'action de l'eau-forte; d'où il suit que conformément au rapport d'accrétion observée dans la première expérience, il ne pouvoit se trouver dans celle-ci que 78 grains de chaux, ce qui diffère en plus de 4 grains seulement, de la quantité obtenue réellement; ce qu'on peut bien accorder à la perte inévitable en pareille occasion.

Dans l'alliage de la quatrième expérience, il n'y avoit que $\frac{1}{6}$ d'étain, et par conséquent, il ne pouvoit y avoir que 96 grains de ce métal dans les 8 gros soumis à l'action de l'eau-forte; d'où il suit que, conformément à l'acorétion observée, on ne pouvoit obtenir que 144 grains de chaux, ce qui diffère de la quantité réellement obtenue, de 3 grains.

REMARQUES.

289. On emploie ici l'eau-forte de préférence à l'acide nitrique, 1°. parce que l'acide nitrique trop concentré pourroit calciner quelques parties de cuivre; 2°. parce qu'il laisse cristalliser le cuivre nitrique même sur le filtre, surtout lorsque la dissipation a été abondante pendant la dissolution; et 3°. parce que l'acide nitrique n'étant point assez neutralisé, lorsque, sans le secours du feu, il s'est saturé de cuivre, il attaque toujours le papier sur lequel on filtre la dissolution, et rend par là la filtration impossible.

Le point le plus important à observer pour l'exactitude de l'analyse, est de n'employer que de l'eau-forte, bien purifiée d'acide muriatique; car si elle étoit sensiblement régalisée, l'acide muriatique (marin), en dissolvant une partie de l'étain, à la faveur de la dissolu-

tion, diminueroit d'autant la pesanteur absolue de la chaux, et augmenteroit en même temps la pesanteur spécifique de la dissolution, ce qui donneroit un résultat illusoire, en faisant paroître plus de cuivre dans l'alliage, et au contraire moins d'étain.

Comme l'eau-forte n'a pas toujours la même force, puisque son action dissolvante dépend du degré de concentration où s'y trouve l'acide nitreux, il est nécessaire de s'assurer, par une expérience, de la force de celle que l'on doit employer, en la saturant complétement de cuivre, sans le secours du feu, afin de pouvoir fixer, d'après cela, quelque chose de moins pour les expériences concluantes, pour rendre les opérations moins lentes et plus sûres.

L'eau-forte dont on s'est servi dans ces expériences, pesoit 23 gros 71 grains, dans une bouteille qui ne contenoit que 18 gros 12 grains d'eau distillée.

290. Il est bon cependant de prévenir que si, malgré cette précaution, ou faute d'en avoir usé, il arrivoit que, dans une expérience, tout le cuivre jeté sur l'eau-forte n'eût pas été dissous, l'opération ne seroit pas manquée, puisqu'il suffiroit d'en tenir compte, en augmentant d'autant la pesanteur spécifique de la dissolution, et la pesanteur absolue du préci-

pité, si cet inconvénient se rencontroit dans la dissolution d'un alliage; ainsi, supposons que dans la seconde expérience, il y ait eu 6 grains de cuivre restés sur le fond du gobelet, sans être dissous, et que la pesanteur de la dissolution eût été de 28 gros 25 grains, pour mettre cette dissolution à l'équilibre des trois autres, par rapport à la quantité des matières employées, il suffiroit de trouver la pesanteur que cette dissolution auroit eue, si les 8 gros de cuivre, ou les 76 grains, avoient été entièrement dissous, ce qu'on peut faire en disant : si 570 grains donnent 28 gros 25 grains, combien donneront 576 grains? et l'on trouveroit 28 gros 28 grains pour quatrième terme.

291. Quoique ces expériences se fassent sans le secours du feu, la dissolution prend cependant toujours une chaleur, qui est d'autant plus considérable, que la quantité de métal qu'on jette à chaque reprise sur l'eau-forte, est plus grande, et que les projections se suivent de plus près. Pour éviter que cette chaleur ne devienne trop forte, et l'évaporation, par conséquent, trop abondante, il faut ménager la dissolution, en ne jetant que 10 grains de ce métal à la fois, et lorsque l'ébullition occasionnée par la projection précédente, sera entièrement passée; avec cette précaution, les

dissipations seront beaucoup moins grandes et plus uniformes : c'est ce que j'ai vérifié à mon particulier, les dissipations n'ayant jamais passé un gros et demi.

Si, pour avoir trop pressé une dissolution, on tomboit dans une dissipation sensiblement différente des autres, il faudroit, pour l'exactitude de l'analyse, tenir compte de ce plus grand degré de concentration, qui doit augmenter la pesanteur spécifique de la dissolution; par exemple, si la dissipation de la troisième expérience avoit été de 7 gros 22 grains, comme au degré de chaleur, que peuvent seulement prendre ces dissolutions, l'évaporation ne peut tomber que sur le dissolvant; l'eau-forte ayant été concentrée à peu près de $\frac{1}{25}$ de plus, elle auroit pesé 28 gros 14 grains, c'est-à-dire, à peu près $\frac{1}{25}$ de plus, et sa différence d'avec l'eau-forte, eût été trouvée de 303 grains au lieu de 290,6.

292. Quoiqu'il soit possible d'opérer sur une plus petite quantité de métal que celle qui a été employée dans ces expériences, on regarde cependant comme plus sûr et plus avantageux de s'y tenir, et même de l'augmenter, pour obtenir des résultats plus sensibles, lorsqu'on voudra reconnoître avec exactitude le titre d'un alliage qui ne contiendroit que peu d'étain,

comme celui des grains de lumière posés à froid.

293. Si cette méthode fait abstraction de la quantité de zinc que les vieilles pièces peuvent introduire dans l'alliage, c'est par la raison que ce demi-métal ne peut s'y trouver en quantité sensible et appréciable, comme le prouve l'observation suivante.

L'alliage de Keller, que les fondeurs contemporains ont à peu près suivi, étoit fait dans la proportion suivante :

Rosette.....	10000
Laiton.....	600
Étain.....	900

Or le laiton, ou cuivre jaune, ne faisant à peu près que la dix-neuvième partie de la masse totale, et le zinc ne faisant que le cinquième du laiton, il est évident que le poids du zinc n'étoit que le cinquième du dix-neuvième de la masse, ou, ce qui revient au même, que le $\frac{1}{95}$.

Ainsi, d'après cette observation, on trouve par un calcul très-simple, en supposant que dans la charge d'un fourneau qui seroit de 45,000 livres de matière, il y entrât une vieille pièce de 24, de l'alliage ci-dessus, et du poids de 5,500 liv., qu'à peine trouveroit-on, en ne

faisant presque pas mention de la dissipation que cet alliage auroit à supporter, pendant les dix-sept à dix-huit heures de chauffe, deux tiers de grain de zinc, dans une once de matière.

294. On pourroit aussi reconnoître par la même méthode, si l'alliage se trouve tenir du plomb, soit par l'entremise de l'étain ou autrement, puisque ce métal étant, comme le cuivre, soluble dans l'acide nitrique, peut ensuite être précipité par l'acide sulfurique. Ainsi il suffiroit, après avoir séparé, par la dissolution et la filtration, le cuivre et le plomb de l'étain, de précipiter ensuite le plomb, en versant de l'acide sulfurique dans la dissolution.

295. Enfin, on terminera ces remarques, en faisant observer que cette méthode a l'avantage de la plus grande simplicité; d'abord en n'exigeant aucun de ces appareils compliqués, qu'on ne trouve pas ordinairement partout; les ustensiles, au contraire, qui suffisent à son procédé, sont à la portée de tout le monde, et ne manquent nulle part; et ensuite, en ce qu'elle sera très-prompte dans son exécution, lorsque convaincue de son exactitude, on s'en rapportera à sa première preuve, qui mérite la préférence sur la seconde, non-seulement parce qu'elle ne demande au plus que trois

heures de temps, mais encore parce qu'elle est à l'abri de ces petites pertes inévitables dans l'autre, par les lotions qu'elle nécessite.

Procès-verbal des Professeurs.

L'an mil sept cent soixante-dix-huit, et le vingt-sept du mois de janvier, nous Professeurs de mathématiques au Corps royal de l'Artillerie, attachés à l'École de Douai, ayant été assemblés par ordre de M. le chevalier de Gomer, brigadier des armées du roi et commandant de ladite École, pour vérifier si dans les expériences qui ont été faites au laboratoire de chimie, le 25 dudit mois, par M. de La Martillière, capitaine audit corps, et auxquelles nous avons assisté, les résultats s'accordoient avec les principes sur lesquels sa méthode d'analyser la fonte à l'usage de l'artillerie, est fondée, nous avons reconnu ce qui suit :

1°. Que dans la première expérience, l'étain avoit été calciné parfaitement, et précipité en chaux très-blanche ; et que l'accrétion de cette chaux, que nous avons reconnu avoir été bien lavée et bien séchée, étoit telle que le rapport de sa pesanteur à celle de l'étain employé, étoit celui de trois à deux.

2°. Que dans la seconde expérience, le cuivre étoit parfaitement dissous, sans la moindre

calcination, et que la pesanteur de la dissolution surpassoit celle de l'eau-forte employée, d'une quantité à peu près égale à la quantité du cuivre dissous.

3°. Que dans les troisième et quatrième expériences, la séparation des deux métaux s'étoit opérée complétement; ce qu'on pouvoit facilement juger à la limpidité de la dissolution, et que les excédans de pesanteur que ces dissolutions et celle de l'expérience seconde, avoient sur celle de l'eau-forte, étoient (conformément aux rapports suivant lesquels ces deux alliages employés à ces deux dernières expériences avoient été formés) proportionnels aux quantités de cuivre qui y étoient dissoutes.

4°. Nous avons trouvé que les pesanteurs de la chaux précipitée dans chacune de ces deux dernières expériences, étoient, conformément à l'accrétion observée dans la première expérience, dans le rapport suivant lequel l'étain étoit entré dans l'alliage.

En foi de quoi nous avons signé le présent procès-verbal, l'an et jour que ci-dessus.

Signé, Auberlin, Prebuisson, professeurs de mathématiques de ladite École.

CHAPITRE II.

De la Moulerie et des Fourneaux à l'usage des fonderies de Douai et de Strasbourg.

296. L'ART du fondeur ne consistant que dans une exacte exécution des formes et des proportions que la théorie et la pratique de l'artillerie ont jugé concurremment les plus convenables à la solidité et au service des bouches à feu, le commissaire des fontes est obligé de se régler, dans le tracé des épures qui servent d'abord au moulage, et ensuite à la fabrication des bouches à feu, sur les tables, esquisses, plans et coupes qui sont insérés à la suite de l'Instruction provisoire sur les fontes, en date du 31 octobre 1769 (rapportée en entier à la fin de ce Mémoire), sans que, sous quelque prétexte que ce soit, il puisse s'en écarter. On entend par *épure*, le dessin en grand d'une bouche à feu, sur papier collé à cet effet sur une planche de bois de chêne de grandeur rélative.

Dans l'art de couler les bouches à feu, la

moulerie est la partie la plus difficile à exécuter: pour faire sentir en peu de mots toutes les difficultés qui s'y rencontrent, il suffit de faire observer, premièrement, que la matière des moules devant être telle, qu'elle puisse, sans se brûler, se vitrifier, se fondre, et même sans se dilater sensiblement, résister non-seulement à la violence du feu qu'elle éprouve dans la cuite et recuite du moule, mais encore pendant les cinq ou six heures que le métal reste en fusion et en incandescence dans le moule après la coulée; cette matière, dis-je, ne doit être ni combustible, ni fusible, ni vitrifiable au feu qu'elle doit éprouver : secondement, cette matière devant être dure et incompressible, au point de pouvoir, sans se diviser et altérer sa forme, soutenir la pression du fluide métallique dans la coulée, qui, vu la pesanteur spécifique des métaux et la hauteur des moules, est très-considérable; et cette matière devant aussi être assez compacte pour contenir le même fluide dans son plus grand degré de fluidité, ne peut être de nature calcaire.

Mais comme toutes les substances qu'on peut faire entrer dans la composition de la matière des moules, ou sont combustibles comme les substances animales ou végétales, ou vitrifiables, ou calcaires comme les substances ter-

reuses, ce n'est donc que par le bon choix et le mélange raisonné des unes et des autres, que l'artiste peut, en les combinant de manière que les propriétés des unes modifient les propriétés des autres, former un composé, qui d'abord en consistance de pâte, puisse se prêter aux formes qu'on veut lui donner, et qui, prenant ensuite, en séchant, de la solidité, renferme toutes les propriétés ci-dessus désignées.

297. Les substances qui entrent dans la composition de cette matière, sont l'argile, le sable, le crottin de cheval et la bourre.

L'argile étant une substance terreuse des plus réfractaires, qui, avec le liant nécessaire à la manipulation lorsqu'elle est humectée, devient ensuite au feu la substance la plus dure et la plus compacte, a été reconnue, en vertu de ces propriétés essentielles, la plus propre à servir de base à la pâte dont on forme les moules; et comme cette terre a souvent seule trop de liant, et qu'elle prend toujours, en séchant, trop de retraite pour rendre la pâte plus maniable, et moins susceptible de contraction, et par conséquent moins sujette à se gercer en séchant, on mêle l'argile avec le sable, qui est la substance la plus convenable pour opérer ces deux effets, puisque ses

parties étant, pour ainsi dire, incoercibles, sont très-propres, en divisant les parties argileuses, à diminuer leur liant; et le sable ne se contractant point au feu, un volume d'argile et de sable doit moins prendre de retraite en séchant qu'un semblable volume qui seroit tout argile.

298. Le crottin est une substance végétale, divisée par la mastication, et atténuée par la digestion de l'animal, qui lui ayant enlevé tout ce qu'elle avoit de salin, n'en fait plus qu'une matière filandreuse, ou un ligament qui sert à unir toutes les différentes couches de terre les unes aux autres, et à diminuer le nombre et la profondeur des gerçures; mais comme cette substance est très-combustible, et qu'elle est, par cette raison, facilement détruite à l'action immédiate du feu, on emploie en même temps la bourre, qui est une substance animale, bien plus susceptible de la même fonction, et qui étant moins combustible, la conserve bien plus long-temps à l'action immédiate du feu, qu'on fait subir à la chape dans la cuite et recuite.

L'argile et le sable n'étant jamais purs, et les différentes substances qui les altèrent affoiblissant plus ou moins les propriétés qui les caractérisent, c'est à l'expérience et à l'ha-

bileté du fondeur à choisir d'abord parmi les différentes espèces d'argile et de sable qui sont à sa portée, celles qui se conviennent le mieux, et à régler ensuite le rapport sous lequel, pour un meilleur effet, ces deux substances doivent entrer dans la composition de la pâte.

Le seul principe qu'on puisse donner pour se conduire dans le choix de l'argile est celui d'éviter soigneusement d'employer celle qui pourroit contenir des matières métalliques ou pyriteuses, ou quelque autre substance de cette nature, qui, en leur servant de fondant, pourroit les disposer à la fusion, ce qui est l'accident le plus à craindre dans la moulerie, et celui par conséquent qu'il importe le plus d'éviter; il faut avoir la même attention dans le choix du sable, et de plus rejeter celui qui est gros et limoneux.

299. On emploie dans la moulerie, à la fonderie de Douai, deux espèces de terre argileuse; l'une que les ouvriers appellent seulement *argile*, et l'autre qu'ils appellent *terre forte*, parce qu'elle possède ces qualités à un point plus éminent; pour connoître la différence de ces deux espèces de terre, je les ai examinées l'une après l'autre comme il suit:

J'ai d'abord traité par le lavage, demi-livre de cette première terre, et j'en ai extrait 13 gros

et demi de terre vraiment argileuse, mêlée à une terre calcaire ; le reste du poids, de 50 gros, n'étoit qu'un mélange sans liant, de sable et de terre calcaire plus grossière, qui n'avoit pu être enlevée par le lavage ; j'ai ensuite traité séparément, par l'eau-forte, les 13 gros et demi d'argile, et les 50 gros de sable, pour en extraire la terre calcaire par dissolution, et il ne m'est resté, après cette opération, que 7 gros quatre dixièmes d'argile d'une part, et 41 gros et demi de sable de l'autre, de manière que l'eau-forte a dissous 6 gros et un dixième de terre calcaire, qui étoit mêlée avec la terre argileuse, et 8 gros et demi de la même terre restée avec le sable, et en tout 14 gros et six dixièmes ; cette terre argileuse est donc composée comme il suit :

Terre argileuse.....	7,4 gros.	64 gros.
Sable.....	41,5	
Terre calcaire.....	14,6	
Déchet.....	0,5	

300. Ayant traité de même demi-livre de cette seconde argile, que les ouvriers appellent *terre forte*, j'ai d'abord séparé, par le lavage, 54 gros 62 grains d'argile, de 9 gros 10 grains de sable ; et ces deux matières traitées ensuite séparément par l'eau-forte, n'ont point donné

le moindre signe d'effervescence, ce qui indique que cette terre ne contient rien de calcaire, et qu'elle est composée comme il suit :

Argile.....	54 gros	62 grains.	64 gros.
Sable.....	9	10	

Cette terre se tire des environs de Douai, au faubourg d'Equerchin ; son banc cependant n'est pas uniforme, il s'y trouve quelquefois des veines qui contiennent un peu de terre calcaire.

301. Le sable qui est employé à la même fonderie, à l'usage des moules, est un sablon très-uni, ayant un ton verdâtre, qu'il doit à une substance terreuse verte, dont on peut le séparer en grande partie par le lavage, et qui paroît tenir ou s'approcher de la nature de l'argile; dégagé de cette terre, il paroît à l'œil d'un blanc sale, et vu à la loupe, il présente des grains de différentes couleurs, noyés dans une grande quantité de grains blancs transparens.

Ce sable ne contient rien de calcaire, même avant le lavage, il ne fait pas la moindre effervescence avec l'eau-forte ; en lavant demi-livre de ce sable, j'en ai séparé 4 gros de cette espèce de terre verte : ce sable se tire de Lewarde, village à une lieue de Douai.

Le crottin et la bourre étant toujours de même nature, les petites différences qui pourroient s'y rencontrer ne peuvent sensiblement influer dans leurs fonctions.

302. Il n'y a que l'expérience, et même une expérience suivie, qui puisse indiquer le rapport le plus convenable au mélange de l'argile et du sable, parce que cette dernière substance ne doit y entrer qu'en raison de la retraite de la première, qui se trouve rarement la même dans deux différentes espèces d'argile; ainsi, ce n'est que par le tâtonnement, que le fondeur parvient, après avoir fait choix de sa terre et de son sable, à fixer les doses les plus convenables, qu'il varie ensuite selon l'effet qu'il s'en promet; car la pâte qui sert à former le modèle n'est pas la même que celle qui sert à former le moule, et les premières couches de celui-ci ne sont pas de la même pâte que celles qui les avoisinent, comme nous le ferons successivement observer dans le cours des procédés que nous allons détailler.

303. Le moule ou la chape, dont la capacité intérieure doit figurer le canon, le mortier, ou toute autre espèce de bouches à feu, ne pouvant se fabriquer que sur un modèle de cette arme, il faut auparavant procéder à ce modèle, dont on évide ensuite le moule, lorsque celui-ci est fini.

Pour pouvoir vider le moule plus complétement et plus commodément, on fait le modèle, et par conséquent le moule de trois pièces : la première comprend le moule de la culasse et son bouton; la seconde, celui du reste de l'arme et une partie de la masselotte, et la troisième, celui du reste de la masselotte. Lorsque ces trois pièces sont finies, on les emboite, comme nous le verrons par la suite. Ces pièces se faisant séparément, nous commencerons par celle du corps du canon, en affectant ce procédé à cette arme, et au calibre de 16.

304. Pour modeler le corps du canon (*Fig.* 1, *Pl. IV*), c'est-à-dire la partie comprise depuis l'extrémité de la plate-bande de culasse jusqu'à la tranche de la bouche, on a une pièce de bois bien droite *bd*, d'environ 2 pieds et demi plus longue, au moins, que le corps du canon; sur cet excédant de longueur, on a prélevé, d'un côté, une longueur de 20 pouces *ba*, pour former la tête de cette pièce de bois, qu'on appelle *trousseau*, et 9 ou 10 pouces *de*, de l'autre extrémité, pour former sa queue.

Cette tête *ab*, qui est cylindrique, dans sa partie *bc*, a 14 pouces de longueur, et un diamètre à peu près le même que celui de la plate-bande de culasse de la pièce qu'on veut figurer; elle porte quatre leviers en croix, pour la ma-

nœuvre, et se termine du côté du corps du trousseau par une gorge conique; la queue *d*, qui est cylindrique aussi, s'emboîte, à 11 ou 12 pouces de son extrémité, dans une boîte de fonte *E*, de 7 à 8 pouces de longueur et de 6 lignes d'épaisseur.

La partie du trousseau qui est entre la tête *ab* et la queue *d*, figure grossièrement les renforts et la volée du canon.

Le sapin étant fort léger, est employé de préférence à la construction des trousseaux.

Le trousseau est porté par deux chantiers *AA*, élevés, par des montans, à 30 pouces au-dessus du sol, placés parallèlement vis-à-vis l'un de l'autre, et distans de toute la longueur du corps du trousseau, de manière que la gorge conique *a* de la tête, entrant dans un pareil encastrement pratiqué dans un des chantiers, la boîte de fonte, située à la queue, se loge dans un encastrement cylindrique de même dimension, pratiqué sur l'autre chantier.

Deux chantiers, pour une moindre consommation de bois de chauffage, portent deux trousseaux du même calibre, qu'on travaille en même temps; ils y sont placés en sens contraire, pour faciliter la manœuvre des leviers : ainsi, chaque chantier ayant 66 pouces

de longueur, sur 4 ou 6 pouces et demi d'équarrissage, est entaillé d'un encastrement conique et d'un cylindrique.

305. Pour procéder à la construction du modèle, on commence par figurer sur le trousseau, le renflement du bourrelet *ff*, au moyen de plusieurs coins, en forme de douve, qu'on applique à l'entour du trousseau, à l'endroit où finit la volée, et où doit commencer le bourrelet, et que l'on contient d'abord avec des clous foiblement enfoncés dans le corps du trousseau, afin de pouvoir ensuite les arracher facilement, lorsque ces coins *ff* sont garrottés dans toute leur longueur, laquelle s'étend jusqu'à la boîte de fonte, avec une tresse de paille qui les assujettit fortement sur le trousseau.

On forme ensuite avec de pareilles tresses, que l'on roule sur le trousseau, la plate-bande de culasse *g*, et celle des renforts *Il*, et l'on enveloppe le reste du corps du trousseau, avec des feuilles de papier, ficelées, afin que la première couche de terre n'y adhère point. (*Fig.* 2.)

306. Le trousseau ainsi préparé, ne figure encore qu'imparfaitement le modèle, puisqu'il se trouve, dans toute sa longueur, de 9 lignes environ au-dessous de la grosseur qu'il doit avoir; et pour le rapprocher de ses véritables

dimensions, on se sert d'une planche *F*, qu'on nomme *échantillon*, qui est garnie sur un côté, sur toute sa longueur, d'une plaque de fer *m m*, qui profile la pièce; cet échantillon est établi à plat sur les chantiers, la plaque de fer du côté du trousseau, dans les entailles qui y sont pratiquées; et on l'approche du modèle à volonté, par des coins *n*, qui, entrant plus ou moins dans l'entaille, l'assujettissent plus ou moins près du trousseau.

On applique ensuite sur toute l'étendue du trousseau une couche de terre, préparée comme il suit, qui, en remplissant l'intervalle mis entre l'échantillon et le trousseau, forme sur le modèle, dans le mouvement de rotation qu'on lui donne, les plates-bandes et les moulures qui sont entaillées sur l'échantillon : trois ouvriers sont employés à appliquer cette couche, dont deux mouleurs, pour l'étendre uniformément avec leurs mains, et un manœuvre, pour faire tourner le trousseau. Après cette opération, on allume un feu de bois entre les deux modèles, pour sécher cette première couche de terre.

307. Après avoir rempli de crottin un panier d'osier, d'une capacité d'environ un pied cube, on en forme une couche d'un pouce d'épaisseur sur le banc à corroyer les terres à mouler.

Sur ce crottin on étend aussi, en forme de couche, cinq bassines de sable, dont la capacité de chacune approche les deux tiers d'un pied cube, et par-dessus cela on forme une troisième couche de cinq bassines d'argile, de l'espèce de celle que les ouvriers appellent terre forte, qui a été auparavant imbibée d'eau dans un cuvier. Ces trois substances sont ensuite bien corroyées par deux ouvriers, qui humectent cette pâte à différentes reprises.

Le modèle ne servant qu'à la construction de la chape, et ne devant pas être exposé à l'action d'un grand feu, on ne met dans la composition de cette pâte qu'une partie de sable sur une partie d'argile, pour moins enlever à cette dernière substance de ses propriétés, afin qu'à la simple chaleur du feu, qu'on allume sous le trousseau, chaque couche puisse se durcir convenablement, que le modèle prenne à cette caléfaction une consistance ferme et solide, suffisante à la conservation de son ensemble, et afin que cette terre qui, en forme de croûte, reste dans la chape lorsqu'on en retire le trousseau, comme nous le verrons plus bas, puisse par la grande contraction de l'argile s'en détacher à l'action immédiate du feu qu'on lui fait subir à cet effet.

308. L'argile ne pouvant se sécher devant le feu sans s'écailler et se fêler, le crottin sert à lier les couches les unes aux autres, et à diminuer les félures, sans que cette liaison momentanée puisse nuire ensuite à l'évacuation des terres du modèle, puisque cette substance étant très-combustible, lorsqu'elle est sèche, est bientôt détruite à l'action immédiate du feu qu'elle éprouve dans le moule.

Cette première couche de terre, appliquée sur le trousseau, prenant de la retraite en séchant, diminue nécessairement la grosseur que le modèle en avoit d'abord reçue; on en applique en conséquence une seconde, toujours avec l'échantillon, qui se trouve alors moins éloignée du modèle; et cette seconde couche étant séchée comme la première, donne ordinairement au modèle une grosseur approchante de celle qui lui convient.

309. Pour achever de donner au modèle la grosseur précise qu'il lui faut, ou, pour ainsi dire, le poli, on fait passer de la terre, dont on s'est précédemment servi, par une passoire de cuivre, afin de la débarrasser des plus grossières parties de crottin, et pour pouvoir en appliquer des couches plus légères, on la réduit en l'humectant davantage, en consistance de bouillie; le feu devant être alors bien

allumé entre les deux trousseaux, en raison d'une plus grande humidité à évaporer, on passe le modèle en douceur, c'est-à-dire qu'on y applique successivement plusieurs couches de cette espèce de coulis, jusqu'à ce que ses dimensions soient telles qu'avec la retraite qu'on prévoit qu'il doit prendre, en achevant de se sécher, le modèle se trouve de quelques lignes au-dessus de celles que doit avoir le canon fini. Cette dernière couche étant parfaitement sèche, on discontinue le feu.

310. Lorsque le modèle est ainsi fini, on y applique les modèles des tourillons avec leurs embases, celui de la partie cylindrique du grain de lumière, par où le grain tient au moule, et ceux des anses, qui sont déjà les uns et les autres modelés séparément, savoir : les tourillons et leurs embases en plâtre, ainsi que la partie du grain de lumière, parce que dans la fabrication de la chape le bout du tourillon n'étant jamais recouvert de terre, ainsi que celui de la partie du grain de lumière, on peut ensuite évacuer le plâtre; mais comme cette évacuation seroit impossible, par rapport aux anses, puisqu'elles sont entièrement couvertes, elles sont modelées d'un mélange de trois parties de résine et d'une partie de cire, dans lequel, l'hiver seulement, on mêle un peu d'huile de lin.

311. Pour placer ces modèles, comme ils doivent l'être sur les canons, les ouvriers emploient des moyens géométriques et mécaniques suffisans, mais dont le détail, très-peu intéressant, seroit ici aussi long que superflu.

Après avoir appliqué sur le modèle du corps du canon tout ce qui lui appartient, on commence à la fonderie de Douai, avant de procéder à la construction de la chape, par couvrir le modèle de deux légères couches de cendre de tanneur, tamisées et délayées dans de l'eau, que l'ouvrier étend avec un pinceau. Cette substance purement terreuse étant de nature absorbante et sans liant, ne peut, en séchant sur le modèle, qu'y contracter une adhérence peu intime, que le moindre feu détruit ensuite, et sa liaison avec les premières couches de la chape qu'on applique dessus, n'étant pas plus forte, cette couche de cendrée interposée, a pour objet de séparer le modèle de la chape, qui, à la faveur de l'humidité des premières couches de celle-ci, ne manqueroient pas, si elles étoient contiguës, d'adhérer fortement ensemble, et d'occasionner de fortes écorchures, lors de leur séparation.

312. Les ouvriers nomment *potée* la terre préparée qu'on emploie dans les deux ou trois premières couches qu'on applique sur le mo-

dèle, immédiatement après celle de cendrée, dont nous venons de faire mention.

La surface intérieure de la chape, à laquelle doit être appliquée l'action immédiate du feu, dans la recuite du moule et dans la coulée, devant se former de ces premières couches, pour la rendre dure, compacte, réfractaire et incompressible, au point que l'exige le feu, la chute et la pénétrabilité de la matière fluide, on compose la potée comme il suit :

On prend de la même pâte qui a servi à former le modèle, et débarrassée, comme ci-dessus, des grossières parties du crottin, on y joint partie égale de sable et partie égale de cette espèce d'argile jaune, qui contient de la terre calcaire (286), et après avoir bien mêlé et corroyé ces trois substances, en les humectant avec de l'eau commune, on étend la pâte sur le banc, sur environ deux pouces d'épaisseur, et on la couvre d'une couche de bourre bien battue, d'environ un demi-pouce d'épaisseur; on corroie de nouveau cette pâte, en continuant de l'humecter, jusqu'à ce qu'elle soit presque en consistance de bouillie, et que la bourre soit uniformément répandue.

Le sable qu'on ajoute ici dans la composition de la potée, est évidemment pour diminuer la propriété qu'a l'argile de se contracter en sé-

chant, et la bourre pour s'opposer encore plus efficacement, comme lien, aux gerçures qui se formeroient par la retraite de la pâte, en vertu du restant de la propriété de l'argile.

313. Pour ce qui est de la seconde espèce de terre argileuse, qu'on ajoute aussi en égale quantité dans la composition de la potée, il est clair qu'elle y est employée pour fournir, par la terre calcaire, une substance qui puisse disposer ce mélange, non pas à se vitrifier, puisqu'elle n'y est pas en assez grande dose, mais du moins à le rendre dans la cuisson plus compact et plus dur, en liant intimément la substance argileuse au sable, par un commencement de fusion qui les agglutine pour ainsi dire l'une à l'autre, et en effet, on trouve ces premières couches de pâte, qui commencent la chape, si dures et si compactes après que le moule a servi, qu'elles font feu avec le briquet.

Pour ne laisser aucun doute sur la propriété de cette seconde espèce d'argile, il suffit de mettre ici sous les yeux ce qu'on trouve au mot Poterie, dans le *Supplément au Dictionnaire raisonné des sciences et des arts* : « Mais » il y a cet égard de grandes différences entre » les argiles ; les unes (ce sont les plus pures) » résistent à la plus grande violence du feu, » sans recevoir d'autre changement que de se

» durcir jusqu'à un certain point, mais cepen-
» dant trop peu pour avoir la plus grande com-
» pacité et la plus grande dureté; les autres,
» exposées à la plus grande violence du feu, y
» prennent une dureté comparable à celle des
» cailloux, et une si grande densité, qu'elles
» paroissent lisses et brillantes dans leurs frac-
» tures, comme la porcelaine.

» Ces argiles résistent malgré cela au plus
» grand feu sans se fondre; elles doivent ces
» propriétés à des fondans, tels que le sable,
» la craie, le gipse ou la terre ferrugineuse,
» qui y sont contenues en trop petite quantité
» pour procurer une fussion complète de la
» terre, et seulement en proportion convena-
» ble à leur faire prendre un commencement
» de fusion. »

Comme les fentes qui se forment dans l'argile en séchant, sont d'autant plus grandes que la couche a d'épaisseur, et que l'eau dont elle est imbibée s'évapore plus vite et plus abondamment, c'est pour diminuer les fentes des premières couches de la chape, qu'on les applique avec le moins d'épaisseur qu'il est possible, et qu'on les laisse ensuite doucement sécher à l'air, ce que les ouvriers appellent sécher à l'ombre, et afin que cette dessiccation soit plus efficace et que les différentes couches

se soutiennent mieux réciproquement; l'ouvrier, en les appliquant, forme des cannelures avec ses doigts pour augmenter les surfaces, et lier davantage les couches en les engrenant pour ainsi dire les unes dans les autres: on n'expose au feu la chape ainsi commencée pour la sécher plus complétement, que lorsque la dernière couche de potée, qui lui donne à peu près quatre à cinq lignes d'épaisseur, est couverte d'une autre couche de terre préparée, moins fine, plus épaisse et plus chargée de bourre, pour la renforcer davantage contre la retraite qu'elle pourroit prendre à l'ardeur du feu.

Lorsque le feu a séché cette première couche de terre appliquée sur la potée, on en applique une seconde et successivement une troisième, ainsi de suite jusqu'à ce que la chape ait atteint une épaisseur d'environ 2 pouces et demi.

314. Lorsque la chape est ainsi avancée (*Pl. VI, fig.* 2), on discontinue le feu, et on la renforce par des barres de fer posées les unes en long et les autres tout autour par-dessus les premières; celles *h*, qui sont posées selon la longueur de la chape, aboutissent à 7 ou 8 pouces de la plate-bande de culasse, et à 3 ou 4 pouces de l'autre extrémité; elles ont

dans le calibre de 16, qui est celui que je prends pour exemple, 2 pouces de large sur 4 lignes d'épaisseur; elles sont espacées de 6 en 6 pouc., de manière que chaque moule en porte 6; deux de ces barres, pour contenir le moule du tourillon, le contournent chacune en demi-cercle, et celle qui se trouve placée dans la direction du moule de grain de lumière, se termine par un anneau qui embrasse ce moule.

Pour assujettir d'abord ces premières barres de fer à la chape, on l'entourre à 16 pouces environ de chaque extrémité, et à peu près vers son milieu, de plusieurs tours de fil d'archal recuit, et l'on fait ensuite passer les barres entre ces tours de fil, que l'on tord après, les uns avec les autres, avec un crochet de fer, pour les faire serrer davantage.

Les bandes de fer *k*, que l'on met tout autour sur celles qui sont en long, sont faites de deux pièces, contournées en demi-cercle, assemblées d'un côté par une charnière, au moyen de laquelle elles peuvent s'ouvrir et se fermer pour embrasser la chape, et elles sont terminées de l'autre côté chacune par un crochet, sur lesquels, lorsqu'elles sont fermées, on passe plusieurs tours de fil d'archal que l'on tord ensuite pour les faire serrer plus exactement: ces bandes ont les mêmes dimensions

que les premières, et sont espacées d'un pied, de manière que chaque moule de 16 en porte neuf.

Ce premier bandage a pour objet, premièrement, de soutenir la chape contre l'action du feu pendant la cuite et recuite du moule, en s'opposant en tous sens aux efforts que cette action peut faire pour la désunir, et secondement, de s'opposer invinciblement à la pression du fluide métallique, à l'instant de la coulée, comme les cercles d'un tonneau soutiennent les douves contre la pression du liquide qui y est contenu, et qui tend continuellement à se répandre.

Pour mettre au fait de cette pression, et pouvoir par conséquent rendre raison de toutes les précautions qu'on prend encore à l'appui de celle-ci, pour s'opposer à ses efforts, je vais l'évaluer par approximation.

Il est démontré dans l'hydrostatique que la pression latérale qu'un liquide, contenu dans un vase, exerce contre les parois de ce vase, est égale à la pesanteur d'une colonne de ce même liquide, qui auroit pour base la surface pressée du vase, et pour hauteur, la hauteur moyenne du liquide dans ce vase : or, dans le calibre de 16, la hauteur du moule, celle de la masselotte comprise, étant à peu près de

15 pieds 3 à 4 pouces, la hauteur moyenne du liquide, l'instant d'après la coulée, sera de 7 pieds et demi à peu près, parce qu'ordinairement le moule n'est pas exactement plein, et la surface intérieure du moule étant à peu près de 46 pieds et demi carrés, la pression du fluide métallique sur les parois du moule, sera donc, l'instant d'après la coulée, égale à la pesanteur d'une colonne de ce fluide qui auroit 46 pieds et demi carrés de base, et une hauteur de 7 pieds et demi.

Cela posé, puisqu'une colonne d'eau de 32 pieds de hauteur sur 1 pied carré de base pèse 2232 livres, qui est le poids d'une colonne atmosphérique de même base, une colonne d'eau de même base, mais seulement de 7 pieds et demi de hauteur, ne pèsera que 530 livres, parce que les cylindres de même base sont entre eux comme leurs hauteurs, et comme la pesanteur spécifique de l'eau est à celle de la fonte à l'usage de l'artillerie, comme 70 : 620, la pesanteur du fluide métallique sur 1 pied carré de base et sur 7 pieds et demi de hauteur, sera donc de 4694 livres, par conséquent à peu près de 219271 livres sur toute la surface du moule qui est de 46 pieds et demi carrés; je dis à peu près, parce que la pesanteur spécifique des métaux en fusion est toujours moin-

dre que celle qu'ils ont lorsqu'ils sont solidifiés.

D'après cet exposé, il est évident qu'on s'exposeroit à perdre le fruit de son travail, et même à des accidens dangereux, par une rupture certaine du moule si l'on y couloit la matière, non-seulement sans ce premier bandage, mais encore sans l'avoir renforcé d'un second; car le moule, comme nous l'avons déjà dit, n'ayant que 2 pouces 6 lignes d'épaisseur au-dessous du premier bandage, ce bandage se trouve trop voisin du feu dans la coulée pour ne pas s'en ressentir, et de manière à perdre une grande partie de sa force de cohésion, le moule seroit donc alors, avec ce seul appui, exposé à une rupture prochaine, puisque le bandage perdant de plus en plus de sa force par une longue et abondante communication de la chaleur, succomberoit enfin à la pression du métal.

315. Pour parer à cet inconvénient, on couvre ce premier bandage de plusieurs couches de terre, pareille à celle employée précédemment, en les faisant de même sécher au feu; et lorsque la chape a encore pris 2 pouces 6 lignes d'épaisseur, et en tout aux environs de 5 pouces, on lisse la dernière couche, et lorsqu'elle est parfaitement sèche, on discontinue le feu pour armer la chape d'un second ban-

dage pareil au précédent, avec la différence cependant que les bandes posées en long, aboutissent à un pouce de chaque extrémité de la chape, où elles se terminent par un crochet, et qu'elles sont plus nombreuses, étant moins espacées, de même que les cercles, de manière que ce second bandage est composé de dix bandes et de quinze cercles. Les bandes de fer qui se trouvent dans la direction du gîte du grain de lumière et des anses, se recourbent pour les surmonter et passer dessus.

Le métal, malgré la grande tenuité à laquelle ses parties intégrantes sont réduites par la fusion, et malgré la pression considérable qui résulte sur les parois du moule à cause de la hauteur de la colonne métallique dans les gros calibres, ne pénétrant jamais les terres de la chape jusqu'au premier bandage, les véritables fonctions de la terre qui se trouve au-delà, sont d'étayer ce premier bandage contre la force dilatante du feu, de lier ensemble tous ces efforts, et ensuite de mettre entre l'action immédiate du feu et le second bandage, soit dans le temps de la cuisson du moule ou dans celui que le métal y reste en fusion après la coulée, un corps assez épais pour rendre la communication de la chaleur moins abondante et moins prompte, afin que le second

bandage ne perde sensiblement de sa force de cohésion par la chaleur, que lorsque le feu aura parfaitement séché et travaillé la chape, et que le métal, par une moindre fluidité, agira latéralement sur elle avec moins de force.

316. Pour unir encore parfaitement tous les efforts du second bandage, on le couvre d'une couche de terre pareille aux précédentes, qu'on lisse de même; et pour ne rien laisser de foible, on observe, en appliquant cette dernière couche, de remplir avec des tuileaux les vides qui se rencontrent entre la chape et les cercles qui portent sur les bandes.

Lorsque cette dernière couche est parfaitement sèche, on discontinue le feu, et l'on dresse les deux extrémités de la chape en les coupant bien d'équerre à l'axe du trousseau; et après avoir enlevé les clous qui traversent les moules des tourillons, l'on dresse de même les tourillons.

317. La chape ainsi finie, on la place sur un chariot pour la transporter sur le bord de la fosse après en avoir fait sortir le trousseau, au moyen d'une espèce de bélier suspendu, que quatre manœuvres font mouvoir horizontalement contre la queue du trousseau pour le repousser; le trousseau sorti, l'on défile la nate, et il ne reste dans la chape que la croûte de la

terre, dont on avoit revêtu le trousseau en formant le modèle, et qu'on évacue comme il suit.

318. Par le moyen de deux grands treuils et deux poulies établies dans la charpente qui se trouve au-dessus de la fosse (*Pl. VII, fig.* 2), et dont nous parlerons dans la suite, on descend les moules dans la fosse, ou on l'établit par la culasse sur un petit fourneau cylindrique de brique de 8 à 9 pouces de haut; ce fourneau a une ouverture d'environ 8 pouces de largeur, qui lui sert en même temps de ventouse et de cendrier. On introduit du bois dans le moule par la volée, et après y avoir mis le feu, on l'entretient pendant environ cinq heures de suite, en jetant, à peu près de minute en minute, un brin de bois de fagot de sept à huit pieds de longueur, afin que le feu puisse s'étendre avec force sur toute la hauteur du moule dont l'extrémité supérieure est couverte d'une plaque de tôle, percée d'un trou dans son milieu, pour l'introduction du bois. Après cette cuite on laisse refroidir le moule, et lorsqu'il n'est plus chaud, un ouvrier, avec une espèce de houlette à long manche, brise et fait tomber la croûte du modèle que le feu a totalement détachée des parois des moules, et qui

ne tient presque plus que sur elle-même, ce qui arrive, comme nous l'avons déjà fait observer, parce que cette croûte étant presque toute argile, et plus exposée à l'action immédiate du feu, doit prendre plus de retraite, s'écailler et se fendre, tous les petits liens herbacées fournis par le crottin qui s'opposoient auparavant à cette désunion, étant détruits par la combustion.

319. Après avoir soigneusement observé si cette première action du feu n'a point endommagé la chape, et après avoir déblayé les débris de la croûte du modèle tombés dans le fourneau, on rallume le feu pour recuire le moule, et on l'entretient l'espace de six heures comme ci-devant : au bout de ce temps, ayant discontinué le feu, on ferme l'orifice supérieur de la chape avec une plaque de tôle sans trou, pour ralentir son refroidissement, et éviter qu'elle ne s'écaille par le contact subit d'un air froid et humide.

320. Lorsque le moule, avec cette précaution, s'est parfaitement refroidi, on l'enlève de dessus le petit fourneau, en le tenant suspendu à quatre ou cinq pieds au-dessus du fond de la fosse; on le visite alors une seconde fois avec plus de soin; et s'il n'y paroît aucune dégradation essentielle, on lui appli-

que intérieurement, avec un gros pinceau, une couche de la même cendrée, qu'on a interposée entre le modèle et la chape, ce qui donne plus de poli à la chape, et bouche toutes les petites gerçures.

321. Pour sécher cette dernière couche, on flambe le moule ainsi suspendu, ce qui se pratique en plaçant sous l'orifice inférieur de la chape une tôle pour retenir le feu ou la matière combustible qui n'est autre que de la paille de seigle, qu'on jette peu à peu par la partie supérieure de la chape, et jusqu'à la concurrence d'une demi-botte.

Après cette opération, on ferme l'orifice extérieur des tourillons avec des bouchons de terre cuite, tournés juste pour pouvoir les emboîter dans les encastremens cylindriques préparés dans la chape; sur ces bouchons l'on pose des plateaux de fer, et on les assujettit par plusieurs tours de fil d'archal, qui croisent par-dessus, en passant sur les crochets, diamétralement opposés, des bandes du dernier bandage, et l'on place ensuite dans son gîte, la masse de lumière de cuivre dans laquelle doit être percé le canal de lumière.

322. L'expérience ayant prouvé que le cuivre rouge pur résiste bien plus à l'action corrosive du fluide élastique de la poudre que l'alliage

des bouches à feu, soit parce qu'il est moins fusible, ou moins soluble dans l'acide nitreux; pour rendre le canal de lumière plus durable, il est ordonné, par l'article 4 de l'instruction provisoire, de mettre dans les moules des canons de 24, de 16, de 12 et de 8, destinés pour l'attaque et la défense des places, ainsi que dans ceux des mortiers, pierriers et obusiers, des masses de lumières fondues en cuivre de Hongrie, cette espèce de cuivre étant réputée la plus dure.

Ces masses de lumière (*Pl. VI, fig.* 6) sont tournées et composées d'un cylindre et d'un cône tronqué ayant le même axe et se joignant par la petite base du cône; la partie cylindrique sert, pour ainsi dire, de manche, et s'enchâsse dans le gîte qui lui a été préparé dans la fabrication du moule; et la partie conique, qui est vraiment la masse de lumière, est sillonnée, sur sa surface, de trois gorges circulaires d'une ligne de profondeur, pour donner prise à la matière avec laquelle elle doit s'incorporer dans la coulée, et elle saille, à cet effet, dans le vide du moule, ou au-dessus de ses parois de toute sa longueur; les dimensions de ces masses sont relatives à la force des bouches à feu; celles du calibre de 16 sont cotées dans la figure 6 de la planche VI.

La masse de lumière placée, on descend le moule pour l'emboîter dans celui de la culasse, qui doit avoir été fait en même temps, de la manière suivante :

323. On construit le moule de la culasse (*Pl. VI, fig.* 2) sur un autel cylindrique de maçonnerie de trente-six pouces de hauteur et de quatre pieds de diamètre hors d'œuvre; ce cylindre renferme dans son intérieur un fourneau qui a son cendrier, et une ouverture pour l'introduction du bois, que l'on ferme avec une porte de tôle; des parois intérieures de ce fourneau, partent quatre soupiraux diamétralement opposés, deux à deux, qui vont déboucher sur le plan supérieur de l'autel, à huit pouces de son bord; sur ce même plan porte à plat une croix de fer, qui soutient verticalement sur son milieu un noyau du même métal, de dix-neuf pouces de hauteur.

324. Pour construire le moule de la culasse, il faut auparavant, comme pour le corps du canon, en former le modèle; on maçonne en conséquence sur le plan de l'autel une couronne de briques, concentrique à l'autel, dont le diamètre intérieur et la hauteur sont relatifs au calibre du moule, et dont la largeur se termine à l'ouverture des soupiraux, afin de ne

pas les masquer; on place ensuite l'échantillon qui profile la culasse, son cul-de-lampe, son bouton et la pate, qui sert au forage. Cet échantillon verticalement disposé, et le profil de la culasse en bas, est adapté à un arbre de fer, qui, par son extrémité inférieure, porte d'aplomb sur le noyau, terminé en pointe, sur laquelle il tourne à la faveur d'un trou pratiqué sur le milieu de cette extrémité, et s'encastre par l'autre bout, qui est cylindrique, dans un guidon de fer cloué à une planche située au-dessus de l'autel; il est contenu dans cet encastrement, fait en demi-cercle, par une clavette; à deux ou trois pouces au-dessus du point d'appui de l'arbre sur le noyau, cet arbre est percé d'un trou rond pour recevoir la vis qui termine l'échantillon, et qui sert à l'assujettir au moyen d'un écrou.

Lorsque l'échantillon est en place, on coule du plâtre gâché dans le plan de l'assiette que termine la couronne, et en faisant tourner l'échantillon, ce plâtre prend la forme du cul-de-lampe; pour former le reste du modèle, on entoure le noyau d'une natte conformément au vide que présente l'échantillon, et l'on recouvre cette natte de plâtre jusqu'à ce qu'au moyen de l'échantillon ce modèle ait pris la forme et les dimensions que le métal doit avoir.

Après cette opération, on applique sur la pate qui termine le bouton, le modèle des orillons *m* qui, dans le forage, donnent prise à la griffe; ces modèles sont de la même composition que celle des anses, et on les scelle à la pate, comme les anses au corps du modèle.

325. Le plâtre dont on a formé le modèle étant bien sec, on l'enduit de deux couches de cendrée, et lorsque ces couches sont sèches, on met par-dessus une couche de potée, qu'on laisse sécher à l'ombre, comme on a fait pour la chape du corps du canon, et après avoir ainsi posé et laissé sécher plusieurs autres couches de potée, jusqu'à l'épaisseur d'environ quatre lignes, on couvre la dernière d'une couche de terre plus grossière, qu'on fait sécher au feu allumé à cet effet dans le fourneau qui est en dessous.

Pour rendre la chaleur du fourneau plus efficace, on couvre le moule d'un couvercle de tôle cylindrique *A B*, *fig.* 5. qui, embrassant en même temps les soupiraux, retient et retarde la dissipation du feu qui s'en exhale.

A mesure que le feu a séché cette dernière couche de terre, on en applique une seconde, et successivement plusieurs autres, en les faisant sécher de même, jusqu'à ce que le moule ait pris une épaisseur d'un pouce et demi; on l'arme alors de six petites bandes de

fer, également espacées, et coudées selon l'inclinaison du bouton sur le renflement de la culasse; elles sont serrées, sur le cul-de-lampe, par un anneau de fer, et ficelées avec un fil d'archal sur toutes leurs longueurs.

Cette espèce de bandage est ensuite couvert successivement de plusieurs couches de terre à mouler, jusqu'à l'épaisseur de deux pouces et demi, distribuées uniformément par un nouvel échantillon; ces couches sèchent de même au moyen du couvercle cylindrique de tôle.

326. Le moule étant ainsi avancé, on l'enveloppe d'une chemise de briques, maçonnées avec de la terre à mouler, qui, au moyen d'un troisième échantillon, prend la forme d'un cône tronqué; sur cette chemise, on pose un panier de fer de même forme, *A*, qui embrasse et serre le tout.

Ce panier est composé de huit larges bandes de fer *c c*, coudées et arrêtées par un de leurs coudes, sur deux bandes circulaires *i i*, qui en sont le fond, et par l'autre sur trois cercles *d d d*, également espacés, qui forment les bords du panier.

On recouvre ensuite ce panier d'une couche de terre à mouler, avec les mêmes précautions que l'on prend, en appliquant pareille couche

sur le dernier bandage du moule du corps du canon.

327. Lorsque cette dernière couche de terre est sèche, on enlève le moule de dessus l'autel, on le renverse, et on l'établit par terre sur trois petits cylindres de fer de quatre pouces de diamètre, et de quatre pouces de hauteur.

Après avoir défilé la natte qui enveloppoit le noyau, on remplit le vide de charbon de bois, qu'on allume pour cuire le moule, et après la cuisson, on déblaie son intérieur de la terre dont cette natte avoit été couverte pour former le modèle; on procède ensuite à la recuite, et après avoir passé sur les parois intérieures une couche de cendrée, on le flambe de même que la chape du corps du canon.

328. Le moule de culasse étant fini, on le descend dans la fosse, et on le place de manière que son axe soit bien vertical; et lorsqu'il est ainsi bien disposé, on descend dans la fosse le moule du corps du canon, en les emboîtant l'un dans l'autre; et afin que la matière ne puisse pas suinter par les joints, on interpose une couche de brasque, composée d'argile et de poussière de charbon.

Après avoir disposé cet ensemble bien verticalement, on passe plusieurs tours de fil d'archal sur les crochets des paniers de cu-

lasse et sur ceux des bandes du moule du canon qui correspondent; on les tord ensuite pour les faire serrer le mieux possible, et l'on procède à l'enterrage, lit par lit, bien damés, jusqu'à la hauteur des crochets qui terminent les bandes de la chape.

329. Cet enterrage contient les moules dans la position verticale qu'on leur a donnée, et vient au secours des bandages des moules, et en retardant la dissipation de la chaleur, donne à la matière des bouches à feu plus de force, par plus de densité.

On place ensuite le moule de la masselotte sur celui du canon, seulement par superposition, c'est-à-dire sans les emboîter, en interposant de même une couche de brasque, et en les liant ensemble avec du fil d'archal au moyen des crochets correspondans qui, de part et d'autre, terminent les bandes du dernier bandage.

330. Le moule de la masselotte est fait comme celui du corps du canon, sur un trousseau; mais comme la pression du fluide métallique dans la coulée y est beaucoup moindre par moins d'élévation, on ne lui donne que 3 pouces d'épaisseur, et il n'est armé que d'un bandage; sa hauteur est de 48 pouces: ce qui, joint à 20 pouces d'excédant que la

chape a déjà sur la longueur du canon, donne 68 pouces pour la longueur totale de la masselotte.

Dans l'intérieur de ce moule, et à 12 pouces de son bord supérieur, répond l'orifice inférieur de la trompe *ab*, par où le métal coule dans le moule du canon, et à 9 pouces du même bord, mais extérieurement, répond son orifice supérieur : cette trompe étant modelée en plâtre, s'attache dans la construction du moule sur le modèle de la masselotte, et lorsque ce moule est achevé, on avide le canal de la trompe.

Lorsque l'enterrage est poussé jusqu'à la hauteur de l'orifice supérieur des trompes, on travaille à la construction du canal qui doit recevoir la matière au sortir du fourneau, et la conduire successivement dans tous les moules.

331. Après qu'on a bouché l'orifice supérieur des trompes avec de l'étoupe, on maçonne le canal en briques avec de la terre à mouler; on lui donne ordinairement 6 à 7 pouces de profondeur, autant de largeur, et une pente, en partant du fourneau, de 6 lig. par pied. Comme la matière ne coule pas en même temps dans tous les moules, ce canal a plusieurs compartimens qu'on nomme *échénos*,

dont la forme et le nombre varient selon la quantité et la disposition des moules des bouches à feu établies dans la fosse. Cette bâtisse finie, on répand sur le fond du canal un pouce d'argile, passée au tamis, que l'on dame bien fort, en l'arasant au niveau des orifices des trompes; on enduit ensuite toutes les parois du canal avec de la terre à mouler, en lissant tout l'intérieur avec un pinceau; on achève après cela l'enterrage, en l'arasant à la hauteur du canal, qu'on emplit de charbon allumé, pour le faire sécher, en entretenant le feu jusqu'au moment de la coulée.

Digitized by Google

DES FOURNEAUX.

332. Il n'en est point ici de ces fourneaux comme de ceux qui servent dans les travaux en grand, à la réduction du fer, qui étoient employés autrefois, et à la fonte des canons à l'usage de la marine, dans lesquels le minérai étant d'abord mêlé avec les matières combustibles, et celles qui lui servent de fondant, se dégage peu à peu, à l'action immédiate du feu, des substances qui le minéralisoient, et coulant le long du fourneau à mesure qu'il acquiert de la fluidité, il se précipite enfin dans le foyer, qui est une espèce de bassin, où, achevant de se liquéfier, il s'y purifie de toutes les substances étrangères à sa nature, qui viennent surnager le bain en forme de scorie.

Ici la matière étant toute purifiée, il n'est question que de lui donner de la fluidité dans un foyer ou dans un bassin, qui soit assez solide et assez compact pour résister à la pesanteur et à la pénétrabilité de la matière fluide.

Ces deux conditions enlevant tout moyen d'appliquer le feu en dessous, les fourneaux

dont il est ici question sont des fourneaux à réverbère, au moyen desquels on applique sur les métaux l'action immédiate du feu la plus violente, sans que les cendres et le résidu des matières combustibles puissent altérer leur pureté. Avant d'expliquer le jeu des fourneaux, je vais m'arrêter un instant sur leur construction.

333. Le fourneau a deux portes *E* (*Pl. VII*) diamétralement opposées, qui servent à l'introduction des métaux, et ensuite à remuer la matière et à enlever les crasses et les scories; le trou *m*, par où le métal coule à la faveur d'une pente ménagée sur le pavé du fourneau, se nomme matrice ou coulée; cette pente est de 6 lignes par pied, tant de la chauffe à la matrice, que d'une des portes au milieu de la distance qui les sépare.

A 4 pouces au-dessus du foyer partent six soupiraux *Bb*, qui en passant dans l'épaisseur du mur qui porte la voûte, vont se terminer et déboucher au-dessus de l'épaisseur du dôme, et sous un second dôme, terminé en cheminée pour donner issue à la fumée; quatre de ces soupiraux sont situés à l'opposite de la chauffe, et les deux autres entre chaque porte et la chauffe : ces soupiraux servent à donner issue à la fumée et à attirer

la flamme, de manière qu'au moyen des joints des portes, qui font le même effet, elle réverbère de tous les côtés.

Le fourneau est établi sur un môle de maçonnerie, dont la hauteur et les autres dimensions dépendent de la capacité du fourneau et de la nature du terrain, et à 4 pieds au-dessus d'une voûte pratiquée dans le massif de ce môle, afin de garantir le dessous du fourneau des mauvaises influences des vapeurs humides que la chaleur exhale, et dont le moindre effet seroit de retarder la fonte. Swedemberg, dans son Traité du fer, traduit du latin par M. Boucher, prouve la nécessité de cette précaution (sect. 4ᵉ).

Les tirans *AAA* situés horizontalement et à 1 pied et demi au-dessous du pavé, et ceux qui sont situés de même, à 1 pied et demi au-dessus de l'extrados de la voûte du fourneau, servent, au moyen des ancres *cc*, *cc*, etc., situés verticalement contre les parois extérieures du fourneau, à lier ensemble les murs qui enveloppent le fourneau et la chauffe, et à les garantir contre l'action dilatante du feu, qui les désuniroit bientôt sans cette indispensable précaution.

Sur le rez-de-chaussée de la chauffe aboutissent les galeries *o* et *q*; la première *o* communique dans sa capacité, par une ouverture

de 4 pieds de haut *u u*, qui porte sur le rez-de-chaussée, et se nomme le cendrier, parce qu'elle sert à l'évacuation des braises et des cendres, qui tombent sous le gril *N*; la seconde *q*, communique dans la même capacité par une ouverture de même largeur que la première, mais beaucoup plus longue *e d*, et qui ne commence qu'à 4 pieds au-dessus du rez-de-chaussée; cette ouverture se nomme ventouse, parce que, comme nous le verrons bientôt, elle sert à entretenir la circulation de l'air dans le fourneau.

334. Les parois intérieures du fourneau étant exposées à la plus grande violence du feu, sont bâties de briques, composées d'une argile des plus réfractaires, bien corroyée avec un sable très-uni : ces briques, qui sont d'avance bien dressées, en les frottant l'une contre l'autre jusqu'à ce qu'elles se juxtaposent parfaitement, sont posées en place sans chaux ni ciment, mais avec une légère couche de terre argileuse en consistance de bouillie; et en les plaçant, on les frotte l'une sur l'autre, en appuyant bien fort, pour qu'elles s'appliquent le mieux possible.

Le pavé des grands fourneaux *bb*, est composé d'un lit de ces briques, ayant 10 pouces de long, 7 pouces 9 lignes de large et 1 pouce

9 lignes d'épaisseur, établis et posés de champ sur leur longueur, de manière que ce lit a 10 pouces d'épaisseur; il est d'ailleurs établi sur un second lit de briques communes, posées à plat, avec la plus grande attention que ces premières briques soient si bien dressées et si bien posées, que la matière en fusion ne puisse, malgré la ténuité de ses parties, suinter à travers leurs joints.

L'argile qu'on emploie à la fabrication de ces briques, à la fonderie de Douai, est tirée des environs d'Arras; elle est d'une couleur uniforme, d'un brun très-foncé, et de la nature de celles qui ne sont ainsi colorées que par quelques substances végétales ou animales. En la traitant par le lavage, à peine peut-on en extraire quelques parties sableuses; c'est ce qui la rend très-liante, de manière que pour la travailler, on est obligé de la mêler avec partie égale de sable, un peu plus gros que celui qu'on emploie dans la moulerie : traitée par les acides, elle ne fait pas la moindre effervescence; ce qui dénote qu'elle ne contient rien de calcaire qui puisse la disposer à la fusion.

335. Après avoir exposé la correspondance des différentes parties d'un fourneau, voyons comment elles concourent à son effet.

Lorsqu'on allume dans la chauffe *M* les matières combustibles qui portent sur le gril *N*, le feu, par la direction qui lui est naturelle, se portant dans la partie supérieure de la chauffe, enfile le canal, pénètre ensuite dans la capacité du fourneau, et dilatant l'air qui y est contenu, il l'oblige à passer par les soupiraux *Bb* et les joints des portes; il résulte donc un vide ou une moindre pesanteur sur la colonne atmosphérique qui, par la communication de la chauffe, pèse dans la capacité de la ventouse *q*, ce qui attirant l'air extérieur par cette même ventouse, entretient un courant rapide qui entraîne la flamme des matières combustibles dans le fourneau, en la faisant réverbérer sur les métaux; et comme c'est de la rapidité de ce courant que dépend la violence du feu et l'effet du fourneau, examinons les circonstances et les dispositions qui lui sont les plus favorables.

1°. Puisque le courant d'air est dû à la différence de pesanteur de la colonne supérieure en *M* à celle de l'inférieur en *q* et *N*, il est évident que ce courant doit être d'autant plus rapide, que l'air qui l'établit et que fournit la ventouse est plus dense. Il est donc plus avantageux que la ventouse aspire directement l'air extérieur, que d'aspirer celui de l'atelier,

comme dans quelques fonderies, où la chaleur que le fourneau y répand, doit diminuer la densité de l'air qui y est contenu, et ralentir par conséquent le jeu du fourneau.

2°. Il est nécessaire que les soupiraux *B b* soient tels, qu'avec le vide que présentent nécessairement les joints des portes, la circulation de l'air et l'échappement de la flamme ne soient point gênés, ce qui arriveroit indubitablement s'ils étoient trop étroits, et le feu seroit alors trop étouffé; mais il ne faut pas non plus que ces soupiraux soient trop grands, ce qui nuiroit également à l'effet du fourneau, par une trop forte expiration, qui, en diminuant la densité de la flamme, diminueroit dans le même rapport l'intensité de sa chaleur.

Il doit donc y avoir, pour un meilleur effet, non-seulement une juste proportion à saisir entre la capacité de la chauffe, qui est le tuyau d'aspiration, et celles des évents ou soupiraux, qui sont les tuyaux d'expiration, mais même une proportion à observer entre ces capacités et celle du fourneau, auxquelles encore les dimensions des bûches, qui servent d'aliment au feu du fourneau, sont subordonnées.

336. Mais quelles sont ces proportions? Pour trouver la loi à laquelle elles doivent être assujetties dans la construction de ces four-

neaux, j'ai vainement fouillé dans tous les ouvrages qui auraient pu me l'indiquer, et je n'y ai trouvé que des plans qui ne donnent par conséquent que des dimensions, sans mettre au fait des raisons qui les établissent; ce qui fait conjecturer que la seule routine a jusqu'à présent présidé à cette construction, et que la théorie n'y a eu encore aucune part.

Ce n'est pas cependant que je prétende que ce soit à elle à établir d'abord les rapports les plus précis, dans lesquels les dimensions des différentes parties d'un fourneau doivent être, pour concourir à un même effet; mais je crois, qu'en profitant des indications de l'expérience, relativement à un fourneau d'une capacité reconnue, la théorie peut ensuite, beaucoup mieux que la routine, déduire des règles plus sûres pour guider et conduire l'artiste dans la construction d'un autre fourneau, d'une capacité donnée; c'est ce que je vais tâcher de rendre sensible, en faisant voir dans la comparaison de plusieurs fourneaux connus, que les moindres effets des uns ne sont réellement dus qu'à la disproportion des parties dans laquelle la routine est tombée en les construisant.

Prenons à cet effet pour modèle le grand fourneau de la fonderie de Douai, qui est

celui qui, chauffant le mieux, peut être considéré comme celui à qui l'expérience a donné jusqu'à présent les dimensions les plus favorables.

On peut fondre dans ce fourneau jusqu'à 45,000 livres de matière que peut contenir son foyer, dont la profondeur moyenne est de 12 pouces, et dont le diamètre supérieur, qui est celui de la surface que le bain présente à la flamme, est de 10 pieds 2 pouces; la montée du dôme, à compter de la surface du bain, a 35 pouces.

Supposons maintenant qu'il soit question de construire un fourneau dont le foyer puisse contenir 22500 livres de matière, et voyons comment la théorie, en profitant des rapports établis par l'expérience dans les dimensions du fourneau pris pour modèle, pourroit se conduire dans la construction du fourneau demandé.

Les dimensions de la chauffe et des évents doivent être, comme nous l'avons déjà observé, subordonnées à la capacité du fourneau : or, celle-ci ne peut évidemment se régler que sur la quantité des matières qu'on veut fondre, et sur la juste profondeur que l'on peut donner au bassin; je dis la juste profondeur, car

si elle étoit trop grande, la chaleur qui règne dans le fourneau ne pouvant pénétrer avec assez d'activité jusque sur le pavé, les matières qui y portent se refroidiroient, pourroient même cesser d'être fluides, et formeroient alors ce que les fondeurs appellent un pâté, accident qui entraîne toujours la démolition du fourneau; et si cette profondeur étoit au contraire trop petite, comme il faudroit alors donner plus d'étendue au bassin, et par conséquent plus de capacité au dôme qui surmonte le bain, non-seulement on consommeroit alors à pure perte une plus grande quantité de bois, mais il y auroit aussi un plus grand déchet à supporter par une plus grande surface que le bain présenteroit à l'action dévorante de la flamme : or, cette juste profondeur ayant été fixée par l'expérience, à 12 pouces dans le grand fourneau, voyons ce qu'elle doit être dans celui qui est à construire.

Observons pour cela, 1°. qu'il n'est pas moins essentiel dans la construction d'un fourneau à réverbère, de trouver le rapport le plus convenable entre la montée du dôme et le diamètre de sa base; car si cette montée se trouvoit à proportion trop grande, l'expansion de la flamme se trouvant dans le même

rapport, l'intensité de sa chaleur en seroit affoiblie, ce qui diminueroit en même raison le degré de chaleur que le bain pourroit prendre; et si au contraire le dôme étoit trop surbaissé, outre que sa voûte n'auroit pas la même solidité, l'expansion de la flamme étant encore trop gênée ou trop resserrée, le développement des parties ignées ne seroit pas si abondant, la fumée seroit plus épaisse, et le degré de chaleur beaucoup moindre; il faut donc également s'assujettir au rapport que l'expérience a indiqué relativement au grand fourneau, entre la montée de son dôme et le diamètre de sa base, et regarder alors tous les dômes des fourneaux à construire, comme des corps semblables.

2°. Comme le degré de chaleur qui règne dans un fourneau est dû à l'embrasement des matières combustibles, si nous supposons que les bûches de bois qui, dans un même intervalle de temps, servent d'aliment au feu qui chauffe le fourneau, sont proportionnelles aux capacités des dômes, il est évident, en supposant aussi toutes les autres circonstances relatives à la combustion également favorables, que les degrés de chaleur seront les mêmes dans chaque fourneau.

Mais si les profondeurs des foyers sont proportionnelles aux montées des dômes, lesquelles, par l'observation précédente, sont elles-mêmes dans le rapport des diamètres de leurs bases, ou des diamètres supérieurs des bassins, les bassins seront alors semblables entre eux; d'où il suit que lorsque les capacités des bassins seront données comme dans cet exemple, on pourra, par de simples proportions, trouver leurs lignes homologues, comme celles des dômes : ainsi, puisque les capacités sont ici dans le rapport de 45000 : 22500 :: 2 : 1, il est évident que les lignes homologues seront dans le rapport de $\sqrt[3]{2}$: $\sqrt[3]{1}$ :: 125 : 100; d'où il résulte que dans le fourneau à construire, la profondeur du bassin, son diamètre supérieur et la moulée de son dôme doivent être de 9,6 pouces, 97,6 pouces, 28,2 pouces.

337. Le second fourneau de la fonderie de Douai, étant de même capacité que celui que nous nous sommes proposé de construire, voyons si la profondeur moyenne, le diamètre supérieur de son bassin et la montée de son dôme sont dans les proportions que nous venons de trouver.

En prenant le plan de ce fourneau, j'ai

trouvé ces trois dimensions dans le rapport suivant :

Profondeur moyenne du bassin....	11 pouc.	9 lignes.
Diamètre supérieur du bassin.....	69	0
Montée du dôme.....	30	3

Ce rapport étant sensiblement différent de celui que nous avons trouvé par la théorie, et ce fourneau n'étant pas susceptible, ainsi que l'indique l'expérience, du même degré de chaleur que le grand fourneau, il est aisé de faire voir que c'est à la différence de ces rapports qu'on doit attribuer ces moindres effets.

Le diamètre supérieur du bassin étant près d'un tiers plus petit qu'il ne doit être, l'intromission des parties ignées dans la matière qui y est contenue, doit être moins abondante, puisqu'elle se fait par la surface du bain; et la profondeur du bassin étant au contraire d'un dixième plus grande, la pénétration de la matière ignée jusque sur son fond, doit être plus difficile, son action moins vive; et d'ailleurs la montée du dôme étant aussi d'un quinzième plus élevée, l'intensité de la chaleur des rayons calorifiques doit être moindre.

On ne doit donc pas être étonné si la matière, après un même temps de chauffe, ne prend pas dans le second fourneau, par ces

trois circonstances défavorables réunies, le même degré de chaleur, et par conséquent la même fluidité qu'elle peut prendre dans le grand, et cette différence seroit sans contredit bien plus sensible, si les bûches de bois qui servent d'aliment au feu, n'étant à proportion plus fortes à l'usage de ce fourneau, ne donnoient à la flamme ou aux rayons calorifiques une plus grande intensité de chaleur, qui corrige en partie le défaut de ce vice de construction.

338. Les fourneaux dans lesquels on fond, à Endreck et à Fromont, la gueuse et les vieux canons pour la coulée des bouches à feu à l'usage de la marine, sont bien aussi des fourneaux à réverbère; mais ils diffèrent un peu de ceux-ci par la forme et la capacité, mais surtout en ce qu'on ne brûle dans ces fourneaux que du charbon de terre.

Le bois devenant de plus en plus rare, on auroit désiré pouvoir introduire dans nos fonderies cette espèce de fourneaux; rien n'empêcheroit cette substitution si elle étoit réellement avantageuse, mais il est aisé de faire voir le contraire.

Le charbon de terre ne fournissant pas, dans sa combustion, une flamme si hardie et si expansible que celle du bois, on ne

peut donner à ces fourneaux qu'une très-petite capacité, sa plus grande charge ne passant pas trois mille pesant de matière; il faut donc pour la coulée d'une pièce de 24 le produit au moins de trois fourneaux. Quoique ces trois mille pesant de fer soient fondus, et prêts à être coulés dans six heures au plus tard, on voit cependant qu'il n'y a 1°. aucun profit à faire sur le temps, puisqu'on coule dans nos fonderies quatre pièces de 24, en vingt et une à vingt-deux heures au plus, et qu'il en faudroit au moins vingt-quatre pour en couler la même quantité avec ces fourneaux.

2°. Si les données qu'on m'a fournies sur la consommation des combustibles sont justes, ou ne s'éloignent pas de moitié, bien loin qu'il y ait de l'économie dans les combustibles, ces fontes sont à cet égard plus dispendieuses; car s'il faut, comme on le dit, 100 livres de charbon de terre pour fondre 100 livres de matière, il faudroit donc 90 quintaux de charbon pour la coulée d'une pièce de 24, qui exige la charge de trois fourneaux, ce qui à 25 sous le quintal fait une somme de 112 liv. 10 sous, et celle de 450 liv. pour les coulées de quatre de ces pièces; mais, dans nos fonderies, on coule d'un seul jet quatre

pièces du même calibre, et l'on ne consomme à cette fonte que cinq cordes de bois au plus, qui, à 45 liv., ne font qu'une somme de 225 liv. moitié moindre.

Ainsi, puisque l'usage de ces fourneaux exige et plus de temps et une plus grande dépense en combustible, il ne peut y avoir d'ailleurs aucun motif de préférence.

CHAPITRE III.

De la charge des Fourneaux, et de la manière de conduire la fonte jusqu'à la coulée des bouches à feu inclusivement.

339. A moins qu'on ne soit pressé, tous les procédés que nous avons décrits sur la moulerie ne vont jamais de suite, parce qu'ordinairement on se procure d'avance des moules à pouvoir employer dans le besoin; mais dès l'instant de la recuite, le travail n'est plus interrompu jusqu'à la coulée, d'où il suit que l'on commence à procéder à la charge du fourneau en même temps qu'on enterre les moules.

Avant de mettre dans le fourneau les métaux qui doivent composer la charge, on le visite intérieurement, pour s'assurer si la fonte précédente n'y a occasionné aucun dommage, et l'on nettoie le pavé de toutes les scories qui auroient pu s'y attacher; on enduit ensuite, avec un pinceau, toutes les parois intérieures, ainsi que les deux portes, d'une

couche d'argile, passée au tamis et délayée dans l'eau commune, en consistance de bouillie, et l'on bouche la matrice comme il suit.

Après avoir introduit dans son canal, par l'intérieur du fourneau, un tampon de fer, en forme de cône tronqué qui bouche exactement, on applique sur ce tampon, avec de l'argile, une brique qui se logeant dans une échancrure pratiquée à cet effet, s'arrase aux parois du fourneau; sur cette brique, on en applique deux autres de même, qui croisent sur le milieu de la première, et l'on fait ensuite sécher cette espèce de maçonnerie, en allumant tout contre un feu de charbon de bois; qui étant entretenu pendant quelques heures, sèche en même temps l'enduit appliqué sur les parois du fourneau.

340. Dans la charge des fourneaux il y a trois choses à considérer, la quantité des matières, le rapport de l'alliage et l'établissement des pièces dans le fourneau.

Le commissaire des fontes, connoissant d'avance le poids de toutes les bouches à feu sortant de la fosse, détermine d'un coup de plume ce qu'il lui faut de matière pour cet objet; il évalue ensuite par le toisé, et par la connoissance qu'il a de la pesanteur spécifique

de la fonte (1), ce qui lui est nécessaire pour remplir les différens compartimens du canal,

---

(1) La pesanteur spécifique de la fonte varie d'abord, comme celle de tous les métaux, par la différence des diamètres des masses, pas celle de leur hauteur, par une coulée plus ou moins chaude, et plus particulièrement encore, par la différence de l'alliage, parce que le cuivre et l'étain, en se combinant, se pénètrent réciproquement, et cette pénétration augmente toujours à mesure que l'étain augmente, et même bien au-delà de la proportion usitée dans les fontes à l'usage des bouches à feu, puisque Musschenbroeck, ayant formé différens alliages de cuivre et d'étain, a trouvé que la pesanteur spécifique augmentoit jusque dans le rapport de quatre parties de cuivre sur une d'étain.

Pour apprécier la pénétration réciproque des deux métaux dans l'alliage usité de 11 liv. d'étain sur 100 livres de cuivre, nous observerons qu'en faisant la pesanteur d'un pied cube de fonte égale à a, celle de cuivre qui y entre égale à y, le poids de l'étain sera de $\frac{11y}{100}$, on aura donc $a = y + \frac{11y}{100} = \frac{111y}{100}$ et $y = \frac{100a}{111}$.

M. Brisson, de l'Académie des Sciences, a déterminé, par l'expérience, que la pesanteur absolue du cuivre rouge, sous un pied cube de volume, étoit de 545 liv.; que celle de l'étain, sous le même volume, étoit de 510 liv.; et d'après les différens toisés que j'ai faits avec la plus grande précision, j'ai trouvé que la pesanteur de la matière, sous un pied cube, ne s'éloignoit guère, dans les bouches à feu, de 620 liv.; que dans leurs masselottes, elle varioit entre

et enfin il ajoute à ces deux articles, 1°. de quoi compenser le déchet que la charge du fourneau peut essuyer par la déflagration et calcination des substances métalliques, et par la volatilisation des demi-métaux, tels que le zinc et l'arsenic, dont les vieilles pièces qui font encore quelquefois partie des charges des fourneaux, ne sont jamais exemptes, ainsi que les matières neuves; 2°. de quoi fournir au chapitre des accidens, c'est-à-dire, à l'imperfection de quelques moules, à la variation de la pesanteur spécifique de la matière, à l'absorption des terres des moules, qui est d'autant plus abondante, que la matière est coulée

---

500 et 570 liv., et dans les fontes des lavures, entre 600 et 575 liv. D'après cela, si dans l'équation $y = \frac{100a}{111}$, on substitue 620 à la place de a, on aura $y = 559$, et $\frac{11y}{100}$, qui est le poids de l'étain égal à 61 liv.; mais puisque 545 liv. de cuivre et 510 liv. d'étain ont chacun 1728 pouces cubes de volume, 559 liv. de cuivre, et 61 liv. d'étain, en auront, le premier 1772; et le second 207, ce qui fait en tout 1979 pouces cubes : ces deux volumes surpasseront donc ensemble, de 251 pouces cubes, le volume du pied cube de fonte. Il est donc évident que cet alliage supporte, pour ainsi dire, un déchet de volume, qui est le $\frac{1}{7,8}$ des volumes des deux métaux, qui en sont les deux parties constituantes.

plus ou moins chaude, et que les moules ont plus d'élévation : il est à observer cependant que cette absorption n'a lieu, par cette dernière cause, que lorsque la colonne du fluide métallique a au moins huit pieds d'élévation dans le moule.

Quelque habile et expérimenté que soit le fondeur, cette dernière évaluation n'étant jamais bien précise, elle l'oblige à se précautionner contre la surcharge, en disposant dans l'enterrage, à l'extrémité du dernier écheno, un moule de masselotte pour le recevoir.

341. Les matières neuves qu'on emploie dans les charges des fourneaux, sont l'étain de Cornouailles, et les cinq différentes espèces de cuivre, désignées ci-après.

L'étain arrive d'Angleterre en saumon d'environ 330 liv. qu'on subdivise à la fonderie par la fusion et pour la commodité des pesées, en lingots de différentes pesanteurs, depuis 2 jusqu'à 40 livres.

La monnoie de Suède, qui est la plus pure des cinq espèces de cuivre qu'on emploie, arrive en petites plaques carrées, marquées au coin du roi de Suède, dont la pesanteur varie avec le volume, entre une et quatre livres.

Les platons de Hongrie sont de forme presque circulaire, d'environ 12 pouces de diamètre et 1 pouce et demi d'épaisseur; leur poids varie entre 50 et 60 livres : c'est après la monnoie de Suède l'espèce de cuivre la plus pure.

Le rosette varie considérablement dans son volume et dans son poids; il y en a de 6 pouces de diamètre, et il s'en trouve de 42, et le poids par conséquent varie entre 1 livre et 100 et quelques. La plus grande et la plus épaisse arrive de Hongrie; l'autre, plus mince, arrive de Mansfeld, ville de la Haute-Saxe; c'est, quant à la pureté, la troisième et la quatrième espèce; la grande, c'est-à-dire celle de Hongrie, tenant le premier rang.

La cinquième et dernière espèce de cuivre, et sans contredit la plus mauvaise, arrive du Pérou, en saumons d'environ 150 livres : ces saumons sont pleins de soufflures, la plupart remplies de terre ou scories : cette espèce de cuivre est d'un rouge plus foncé que les quatre autres, ce qui doit s'attribuer au fer auquel il est allié, qui se monte, par l'analyse que j'en ai faite par les menstrues, à environ 5 pour cent. Ce cuivre paroît en tout de si mauvaise qualité, qu'il seroit bien à désirer qu'il n'eût pas été reçu : le bon marché des matières, loin d'être une raison d'admission lorsqu'il est aux

dépens de la qualité, devroit être au contraire un motif d'exclusion.

342. S'il est aisé de déterminer la quantité de matière qui doit composer la charge du fourneau, il n'en est pas de même pour l'établissement du rapport sous lequel les matières neuves doivent y entrer, afin de soumettre l'alliage au rapport usité, parce que ce premier rapport se trouve toujours surbordonné à celui qui résulte de la combinaison des différens alliages des vieilles bouches qui entrent dans cette charge; et si les nuances sensibles, quant à l'alliage, qu'on remarque dans les différentes fontes d'une même fonderie, ne prouvent pas la grande difficulté qu'il y a à les ramener toutes à l'uniformité, elles prouvent du moins l'insuffisance des moyens employés pour y parvenir.

Une grande partie de la charge du fourneau pouvant être composée des vieilles bouches à feu, coulées par différens fondeurs, le commissaire des fontes est obligé, dans ce cas, pour établir l'alliage dans le rapport ordonné, d'estimer sous quelle proportion le cuivre et l'étain se trouvent alliés dans chacune de ces pièces, afin de pouvoir, d'après le résumé de ces estimes particulières, faire une compensation juste qui le mette à portée d'évaluer sous

quel rapport le cuivre et l'étain doivent entrer dans la quantité des métaux neufs qu'il doit employer à cette charge, pour mettre la masse totale dans le rapport reçu.

Pour faire ces estimes particulières, il n'y a que deux moyens pratiqués qui, malgré l'expérience la plus consommée, me paroissent ne pouvoir fournir que des approximations dans les rapports des matières constituantes.

Le premier est une connoissance que le commissaire des fontes peut avoir du rapport sous lequel tel ou tel fondeur connu formoit son alliage; mais outre que ce moyen n'est pas général, puisqu'il ne peut avoir lieu vis-à-vis les pièces étrangères, il ne sauroit être bien exact, ces connoissances n'étant que traditionnelles; d'ailleurs, quand on seroit bien convaincu que ces fondeurs se sont toujours assujettis aux mêmes proportions, est-il bien sûr que la variété des alliages des vieux métaux qu'ils avoient à employer, leur ait toujours permis de s'y soumettre exactement?

Le second moyen, qui est le plus général et qui vient toujours à l'appui du premier, est l'examen du grain que présentent les cassures des anses ou boutons de ces vieilles pièces; mais quelque bien exercé que soit l'œil du fondeur à juger du rapport de l'alliage par la

forme, et encore plus par la couleur du grain, et à saisir avec précision, à l'aide même de la pierre de touche, toutes les nuances de la fonte correspondantes aux différens alliages usités dans l'artillerie, il n'est pas moins évident que son jugement est incertain et sujet à erreur, puisque les demi-métaux, tels que le zinc et l'arsenic et autres, dont les vieilles pièces ne sont jamais exemptes, peuvent plus ou moins concourir avec l'étain à diminuer l'intensité de la couleur naturelle du cuivre qui sert de base à l'alliage.

L'inexactitude de ces estimes particulières doit donc plus ou moins tromper le commissaire des fontes dans le rapport qu'il veut établir dans la charge de son fourneau, et constituer même des différences sensibles dans l'alliage des différentes fontes, quoique cet alliage soit toujours combiné sur le même rapport.

343. On éviteroit donc en partie ces erreurs, en approchant autant qu'il est possible de l'alliage ordonné, si quatre ou cinq heures avant de couler, c'est-à-dire lorsque la matière des vieilles bouches à feu et des autres grosses masses qui composent la charge, sont en bain et mêlées intimement, on couloit de ce mélange dans une lingotière, et qu'on soumît ensuite la matière de ce lingot à l'épreuve de

l'eau-forte indiquée ci-devant (283), parce qu'on seroit alors bien plus assuré du titre de la masse totale, réduit à cette seule estime, que lorsque l'appréciation de ce titre doit être le résumé de plusieurs estimes particulières, plus sujettes à erreur, et dans lesquelles il est impossible, même avec la connoissance la plus précise du déchet de la matière, d'évaluer avec la même exactitude les altérations que l'action continue et progressive du feu, pendant près de dix-sept à dix-huit heures de chauffe, apporte dans le rapport de l'alliage établi avant cette action dans la charge du fourneau.

Le titre de la masse bien reconnu, on trouveroit ensuite d'un trait de plume la juste quantité d'étain qu'il faudroit jeter dans le fourneau pour mettre l'alliage dans le rapport donné.

344. La durée des pièces étant subordonnée à la bonté de l'alliage, et les épreuves ordinaires auxquelles elles sont assujetties n'étant pas faites pour décéler les écarts dans lesquels on pourroit tomber dans l'établissement du rapport de l'alliage, les moyens qui peuvent à cet égard répandre le plus petit jour, et mettre les officiers d'artillerie à portée de s'assurer avec plus de clarté, qu'on ne s'éloigne

pas sensiblement du rapport ordonné, paroissent de la plus grande importance.

345. La chargeé tant ordinairement composée des masselottes, des cylindres d'alliage et de raffinage, et fréquemment de quelques vieilles bouches à feu, on dispose les bouches à feu qui sont assez courtes pour entrer en totalité dans le fourneau, les masselottes et les cylindres immédiatement sur le pavé, parce que, à cause de leur convexité, leur point d'appui ou de contact est très-peu étendu, étant de la dernière importance de ne rien poser à plat sur le pavé qui puisse, par un large attouchement, l'empêcher de s'échauffer, en interceptant la chaleur qui ne vient que par-dessus; car il arriveroit alors que les pièces plates, comme platons de Hongrie, gâteaux de rosette, monnoie de Suède, canaux des fontes précédentes qui porteroient sur le pavé, y étant placés comme sur un corps froid ou moins chaud, s'y agglutineroient simplement sans pouvoir jamais se fondre en totalité, quelle que fût la violence du feu; ce qui non-seulement feroit manquer la fonte, mais pourroit entraîner la nécessité de démolir le fourneau.

On observe, dans cette première disposition, de placer les plus grosses masses, comme les gros mortiers, du côté de la chauffe, afin de les

exposer à la plus forte et plus vive impulsion de la flamme; et comme les pièces de canon du gros calibre sont trop longues pour entrer en totalité dans le fourneau, on les dispose de manière qu'une partie de la volée sort par une des portes.

Sur les pièces et lingots qui portent sur le pavé, on établit ensuite une partie des pièces plates ci-dessus mentionnées, en observant en même temps de les employer aussi à fermer les jours des portes, que la longueur des pièces empêche de fermer entièrement; et pour l'ordinaire, on remplit de bûchilles l'âme de ces pièces. (On appelle bûchille les copeaux des forêts et du tour.)

346. La veille du jour destiné pour la fonte, on allume le bois préparé dans la chauffe, à environ trois heures après midi, et l'on entretient ensuite le feu, en y jetant d'abord deux bûches de bois bien sec, à peu près de minute en minute, et ensuite une seule quelques heures après.

Dans les deux premières heures de chauffe, on ne voit presque rien dans le fourneau, à cause de la fumée épaisse dont il est rempli; les soupiraux ne rendent qu'une vapeur grossière, et à peine la flamme arrive-t-elle sur les métaux, qui paroissent suer dans ces pre-

mières heures, parce que la vapeur vient se condenser dessus; mais à mesure que la chaleur, en croissant, raréfie les vapeurs des matières combustibles, l'extension de la flamme augmente insensiblement; elle sort d'abord d'instant à autre par les joints des portes, ensuite par les soupiraux, et l'on commence à voir clair dans le fourneau; enfin ce n'est qu'après quatre ou cinq heures de chauffe que la flamme occupe continuellement toute la capacité du fourneau, et qu'elle sort, pour ainsi dire, à plein canal par les joints des portes et des soupiraux; et pour en diminuer alors la dissipation, on ferme, avec une brique, l'orifice supérieur des deux soupiraux qui sont situés du côté de la chauffe.

Le métal commençant à entrer en fusion, après six ou sept heures de chauffe, selon l'alliage, le bain se forme, et les pièces qui sortent par les portes se cassent; ce qui donne la facilité de les enfouer peu à peu, après avoir poussé dans le bain les matières neuves qui avoient servi à former les jours des portes, et qu'on remplace par d'autres, jusqu'à ce que les pièces de canon étant en totalité dans la fourneau, on puisse fermer entièrement les portes.

347. Lorsque toutes les pièces de cuivre

neuf ont passé dans le bain, on le rafraîchit par intervalle en y jetant deux ou trois bassines de bûchilles, selon la consommation qu'on en doit faire; et après quatorze ou quinze heures de chauffe, la matière se trouve dans un bain parfait; je dis après quatorze ou quinze heures, parce que ce temps varie selon que l'air est plus ou moins chargé de vapeurs, dont l'humidité retarde la fusion des métaux, comme le fait observer Swedemberg dans le Traité que j'ai déjà cité. Une heure environ avant de couler, on enlève, par les portes du fourneau, les crasses et les scories qui surnagent, avec des râbles, après avoir cependant jeté dans le bain un ou deux petits lingots d'étain, afin que la matière étant plus divisée par cette intromission, elle se débarrasse plus efficacement des crasses et autres hérogénéités plus tenaces, qui pourroient y adhérer encore.

348. La surface du bain étant ainsi bien nétoyée, on jette par différentes reprises l'étain neuf qui a été coulé d'avance, comme nous l'avons déjà dit, en petits saumons de différentes pesanteurs. A chaque projection, on remue la matière avec une longue perche de bois, en la faisant racler sur le pavé, pour en détacher ce qui auroit pu s'y agglutiner.

Pendant cette opération, et jusqu'au moment de la coulée, on renforce le feu, en jetant des bûches d'un bois plus sec et de meilleure qualité, afin de donner à la matière la plus grande fluidité.

La méthode de projeter l'étain neuf, n'est pas conforme à l'article 3 de l'ordonnance, qui ordonne que l'étain neuf soit allié d'avance à une même quantité de cuivre neuf; elle a même l'inconvénient de refroidir d'autant le bain, que la quantité qu'on en projette est plus considérable; d'où il suit que les derniers lingots projetés ne se combinent qu'imparfaitement avec le cuivre, qui n'a plus, pour ainsi dire, la raréfraction nécessaire à la pénétration de l'étain : de là vient aussi que dans les fontes où il entre beaucoup de matières neuves non combinées préliminairement, il se trouve dans les croûtes des moules des canons qui en ont été coulés, une grande quantité de matière qu'on prendroit, à la vue et à la cassure, pour de l'étain pur, qui n'en contient cependant qu'environ 40 ou 50 pour cent.

349. Une demi-heure après la dernière projection de l'étain, on se dispose à couler; en conséquence, on déblaie les charbons et les cendres dont le canal avoit été rempli; on débouche toutes les trompes, et après avoir

suspendu à une chaîne de fer, qui tombe au-devant de la matrice, la perrière, qui est une espèce de barre de fer en forme de repoussoir emmanché à une longue perche, et qu'on a eu la précaution de faire rougir sur la porte du fourneau, on s'en sert comme d'un bélier suspendu pour repousser le tampon, qui, rentrant à cette percussion dans l'intérieur du fourneau, laisse couler la matière par le canal de la matrice.

L'orifice de chaque trompe *i*, qui répond au premier écheno, étant bouché par une quenouillette à long manche, soutenu par un manœuvre, on laisse, avant de les déboucher, emplir entièrement ce premier écheno *k*, afin que la crasse qui surnage ne puisse s'introduire dans les moules : lorsqu'il est plein, les manœuvres, à l'ordre du commissaire des fontes, ouvrent ensemble toutes les trompes, et vont ensuite boucher celles de l'écheno suivant; alors, la matière coule avec rapidité dans les moules, et lorsque ceux-ci sont pleins, on enlève l'écluse *e*, qui sépare le premier écheno du second, pour y introduire la matière, et de là, avec la précaution susdite, dans les moules qui y répondent, et ainsi de suite, jusqu'à l'épuisement de la matière qui étoit dans le fourneau, qu'on laisse bien égoutter.

350. Après la coulée, on répand dans chaque moule, sur la surface de la matière, du charbon allumé, pour la garantir du contact de l'air et la tenir plus long-temps fluide, afin de faciliter son affaissement; on coupe ensuite avec des briques la communication de chaque écheno, à l'endroit où étoient les écluses, ce qui sépare la totalité du canal, en autant de parties plus faciles à manœuvrer; on enlève avec un ringard le tampon de fer qui étoit resté sur le pavé, et après avoir fermé les portes du fourneau, on en bouche les joints avec de la terre à mouler, de même que le trou de la matrice; on ferme aussi extérieurement tous les soupiraux avec des briques: par cette précaution, la chaleur se trouvant arrêtée, la dissipation en est plus lente, et les parois du fourneau ne sont point exposées au contact d'un air froid et humide qui, en les refroidissant subitement, les endommageroit sensiblement.

Quoique la matière ne reste pas plus de cinq ou six heures fluides dans les moules, ce qui est d'ailleurs relatif au calibre ou à la grosseur du volume, il seroit imprudent de les déterrer, même quelques heures après que le métal est solidifié, parce qu'étant encore tout rouge et dans un état de mollesse et de flexibilité, les parties saillantes et isolées, telles que les anses

et les tourillons, seroient en danger de se difformer et de se casser si l'on venoit à les choquer, et la pièce même pourroit se fausser, si elle portoit à faux; et c'est pour éviter ces accidens qu'on ne les déterre que deux jours après.

351. A mesure qu'on a déblayé la terre qui entouroit les moules, on les enlève de la fosse à la faveur de deux treuils et des mouffles disposées comme il suit (*Pl. VI, fig.* 1). A huit pieds environ au-dessus de la fosse, est une cage de charpente qui porte deux treuils de 10 pouces de diamètre, situés l'un vis-à-vis de l'autre, et plus haut une poutre qui la traverse au milieu de laquelle est suspendu un mouffle dormant, portant quatre poulies de fonte, de 6 pouces de diamètre chacune, la gorge non comprises ayant toutes le même axe; au-dessous est un mouffle mobile, portant trois poulies de même matière et de même diamètre; la chape de ce second mouffle est traversée aussi par un axe commun aux trois poulies, et terminée par un crochet de fer, par-dessus lequel passe le second câble qui embrasse le moule; chacun des bouts du câble dont ces deux mouffles sont équipés, est roulé sur l'un des treuils, manœuvré par quatre hommes, appliqués deux à deux à un levier de sept pieds de longueur.

En calculant selon le principe de la mécanique, on trouve, en ayant égard aux frottemens et aux résistances du câble à se plier, qu'il suffit que les quatre hommes, en agissant en même temps, fassent chacun un effort de 60 livres pour vaincre la pesanteur d'une pièce de 24, encore dans le moule, qui se monte aux environs de 17,000 livres.

352. Dès que les pièces sont hors de la fosse, on les dépouille d'abord de leurs bandages, ce qui est très-facile, parce que les terres qui sont par-dessus n'ont aucune adhérence; mais on est obligé ensuite de casser, à coups de marteaux, celles qui sont au-dessous du premier bandage, qui forment une croûte d'environ un pouce ou 18 lignes d'épaisseur, qui enveloppe la pièce. Quoique le métal n'adhère point à cette enveloppe, et que même la retraite qu'il prend toujours en se refroidissant laisse un petit vide entre eux, cette opération ne laisse cependant pas que d'être laborieuse, parce que cette croûte, dans la coulée, s'étant imbibée du métal, résiste par la force de cohésion du tissu d'une infinité de petits filets métalliques qu'il faut rompre, ce qui augmente encore dans la partie qui forme le dessous des anses et l'entour des tourillons, parce que ces petits filets métalli-

ques y sont plus nombreux et plus entrelacés. Cette opération doit être beaucoup moins pénible à Strasbourg, s'il est vrai, ainsi que l'assure un homme de l'art, que les terres des moules sont beaucoup moins chargées de métal, à cause d'un enduit appliqué sur les parois intérieures des moules, autre que la cendre qu'on y applique à Douai, qui est composé avec du blanc d'Espagne, de la mine de plomb et du lait.

353. La mine de plomb (carbure de fer), qui n'a de commun avec le minerai de plomb que le nom et la couleur, sans contenir un atome de ce métal, a la propriété de résister à la plus grande action du feu. On en fait en Allemagne des creusets excellens. M. de Réaumur ayant observé que cette substance, très-humectée, pouvoit ensuite devenir très-sèche, sans diminuer sensiblement de volume, en a composé des enduits pour adoucir les ouvrages de fonte de fer, qui ont très-bien réussi; ce qui ne seroit pas arrivé si cet enduit, en séchant au feu, avoit contracté la moindre fente qui eût pu donner issue à la flamme.

Les fondeurs de cloches usent à peu près d'un pareil enduit, seulement sur la partie des parois du moule, qui doit former la sur-

face extérieure de la cloche, parce qu'il leur est intéressant que cette surface soit bien unie, et par conséquent exempte des bavures qu'occasionne la pénétration de la matière dans les terres du moule.

354. Mais pour parer entièrement à cette imbibition frayeuse des croûtes des moules, il ne suffiroit pas de boucher exactement avec un enduit les fentes et crevasses des moules après la recuite; mais il faudroit encore renforcer les bandages, de manière qu'ils résistassent invinciblement à la pression du fluide métallique dans la coulée, qui tend à les ouvrir, comme le prouve l'observation suivante.

Les moules des pièces de canon étant faits de la même pâte que ceux des mortiers, il est évident que ceux des mortiers de 10 pouces doivent être au moins (par un plus grand diamètre) susceptibles de se fendre, et de se gercer autant que ceux des pièces de 24, tant en séchant que dans la cuite et recuite. Cependant, si on coule par un même écheno une pièce de 24 et un mortier de 10 pouces, le moule de celui-ci ne sera point encroûté, tandis que celui de la pièce de 24 le sera considérablement; et à cause de cela l'on observe que si la matière, immédiatement après la coulée, se trouve, par exemple, à

trois pouces du bord supérieur de l'un et l'autre moule, dont les hauteurs sont à peu près dans le rapport de 16 à 7, elle baisse successivement pendant les quatre ou cinq heures qu'elle reste fluide dans les moules de 10, 11, et quelquefois de 12 pouces dans celui de la pièce de 24, tandis qu'à peine elle baisse de 2 pouces dans le moule du mortier, parce que dans celui-ci la colonne du fluide métallique, qui pèse sur ses parois, n'a pas assez d'élévation, et par conséquent assez de force pour ouvrir les fentes, et donner issue à la matière, et il est si vrai qu'on ne doit rapporter cette insinuation de la matière dans les croûtes des moules qu'aux fentes que cette pression occasionne ou agrandit, que cette pénétration n'a lieu que dans les pièces de gros calibre, et que même dans ce cas elle ne commence environ qu'aux deux tiers de la volée, en augmentant de là jusqu'à la platebande de culasse. D'ailleurs la couche de cendrée, appliquée sur les parois du moule, reste en entier sur la surface des bouches à feu, et ce n'est que par ces fentes que le métal, dont le moule est imbibé, tient à celui du canon par les barbes qu'on y observe, après que la bouche à feu est désencroûtée.

355. Après avoir détaché cette croûte, on

scie la masselotte, la scie est mise en mouvement par quatre hommes, sa monture est une barre de fer ronde de dix-huit lignes de diamètre, coudée par les deux bouts, dans lesquels sont des entailles comme dans la scie à main, pour recevoir la lame; cette barre a dans ces coudes l'élasticité qui est nécessaire à la tension de cette lame, qui a 4 pieds de longueur, 4 pouces de largeur, et près de 2 lignes d'épaisseur, la hauteur et l'écartement des dents sont de près de 3 lignes; la pièce étant débarrassée de la masselotte, on la transporte à la forerie.

356. M. Mavitz passe pour l'inventeur du forage, qu'il mit en pratique, pour la première fois, à la fonderie de Lyon en 1744, et de là à celle de Strasbourg, et enfin à Douai en 1748; et depuis cette époque le forage fut généralement adopté en France de confiance; car il ne paroît nulle part qu'il y ait eu à cet égard aucune expérience extraordinaire.

La fonderie de Douai est encore à manége, et telle que M. Mavitz l'avoit montée, quoique à cheval sur la Scarpe; celle de Strasbourg est dans le même cas, n'ayant l'une et l'autre, pour moteur dans leurs machines au *maximum*, qu'une force de 700 liv., bien différentes en cela des fonderies établies à Paris,

sur la Seine, et à Toulouse sur la Garonne, qui indépendamment des moyens bien plus expéditifs qui leur sont propres, peuvent puiser à volonté les forces qui leur deviennent nécessaires pour satisfaire, dans les besoins, aux demandes extraordinaires qui peuvent leur être faites.

Persuadé que le gouvernement ne tardera pas à donner à ces deux établissemens essentiels la même importance qu'aux autres, je me crois dispensé, avec d'autant plus de raison, de décrire ces machines, qu'elles ne présentent rien d'intéressant dans leur comparaison avec les autres; et que d'ailleurs les opérations subséquentes sur les bouches à feu ne pouvant intéresser leur solidité, mais seulement les formes et les dimensions prescrites, sont abandonnées par l'ordonnance à l'artiste, qui est libre dans le choix de ses moyens d'exécution, sur sa responsabilité, envers les sévères vérifications sur l'exactitude requise, qui sont faites par les officiers d'artillerie à ce préposés.

D'après cette considération, je supposerai les bouches à feu de toutes espèces forées, tournées, toutes dressées, et sortant de la gravèrie, pour être vérifiées avant l'épreuve.

CHAPITRE IV.

De la vérification des bouches à feu, sortant de la graverie, après avoir été forées et tournées; de l'épreuve ordinaire, et de la vérification définitive.

---

357. Après que les bouches à feu sont finies, on les visite, c'est-à-dire qu'on examine scrupuleusement, si elles ont les formes et les dimensions prescrites par l'ordonnance.

Comme il n'est pas permis à l'homme d'opérer par le point et la ligne mathématique, puisque au-delà de la perception de sa vue, le point ayant encore une étendue réelle, la ligne une largeur existante et des sinuosités, et les surfaces des aspérités, il est évident que les divisions que sa main opère doivent, dans la rigueur mathématique, manquer d'exactitude, les lignes qu'elle trace peuvent être sinueuses et manquer de direction, et les surfaces qu'elle dresse, de poli : de manière que ces erreurs séparément inappréciables à ses yeux, se combinant à l'infini, deviennent enfin perceptibles par leurs in-

fluences réunies, et infligent sur tous les ouvrages qu'il exécute, un caractère d'imperfection.

D'après cette vérité affligeante pour les sciences et les arts, il est encore vrai que l'ouvrier le plus habile et le mieux exercé, est en droit de réclamer pour tous les ouvrages qui sortent de ses mains, un déchet, pour ainsi dire de perfection, toujours inséparable de l'imperfection de ses facultés physiques.

Mais, s'il est juste d'avoir égard à ces réclamations fondées, il est encore plus raisonnable, dans les arts importans, comme est celui de l'artillerie, d'exiger de l'ouvrier qui exécute, toute la précision dont son art est humainement susceptible, et de s'en assurer, même par des vérifications, afin que dans l'exercice de l'art dans lequel les succès dépendent presque autant de la perfection de l'arme et de ses accessoirs, que de l'adresse de celui qui la dirige, la dextérité, le talent, et l'expérience ne soient pas abusés par des armes défectueuses, dans les circonstances intéressantes à la réputation du canonnier.

C'est dans ces principes de raisons et d'équité que la précision a été prescrite dans toutes les constructions de l'artillerie, et en

même temps qu'elle a été renfermée dans des bornes judicieuses; elle a été soumise à des vérifications constantes, opérées par des moyens aussi faciles que rigoureux, et pour fixer invariablement l'uniformité, si long-temps désirée, surtout dans la partie des fontes et fabrication des bouches à feu, qui est encore entre les mains des artistes civils, et dans laquelle les moindres écarts dans les formes et les proportions, influent de si mauvais effets dans le service. La précision y fut donc ordonnée par une Instruction ayant force de loi, émanée en 1769, laquelle établissant des bornes aux écarts de part et d'autres des dimensions prescrites, et relativement à la difficulté de l'exécution, rend responsable le commissaire des fontes de ceux qui outre-passent ces limites, en même temps qu'elle donne des moyens géométriques de conviction dans les instrumens de vérification dont le détail suit ci-après.

358. Extrait *de l'Instruction de* 1769.

Article xiv. « Pour vérifier si les canons, » mortiers, obusiers, ont exactement les me- » sures et les dimensions prescrites, on les » placera les uns après les autres sur deux » chantiers, dont l'un sera sous le premier » renfort et l'autre sous la volée; on prendra » la longueur de chaque bouche à feu, de- » puis la tranche de la bouche jusqu'à l'extré- » mité de la plate-bande de culasse : cette » longueur sera mesurée sur une règle pa- » rallèle à l'axe de la pièce, et perpendicu- » laire sur une autre règle, placée sur la » tranche de la bouche; on ne passera sur » ladite longueur qu'une demi-ligne en dessus, » ou en dessous, c'est-à-dire que l'on pourra » recevoir les pièces qui se trouveront de » demi-ligne plus longues, ou plus courtes » que les mesures prescrites par les plans » et tables. »

La pièce de canon à vérifier étant établie sur deux chantiers, ainsi qu'il est prescrit dans le présent article de l'instruction, il faut mettre son axe dans une situation horizontale, ainsi que celui des tourillons, ces

dispositions étant nécessaires pour quelques parties de la vérification.

359. Pour procéder à la première de ces deux opérations, il faut appliquer sur le plan de la bouche de la pièce (*Pl. VIII. Fig.* 4.) le côté *a b* d'un pendule *A* bien dressé, d'environ trente pouces de hauteur, pour qu'il soit plus sensible, et ensuite élever ou abaisser la volée de la pièce, au moyen de quelques cales de bois, selon l'indication du pendule, jusqu'à ce que le pendule tombant dans la ligne d'aplomb, indique que le plan de la bouche est vertical; et la pièce étant alors bien assujettie dans cette situation, par d'autres cales de bois, placées sur les côtés, aura son axe horizontalement disposé.

Cette opération est fondée sur ce que le plan de la tranche de la bouche, étant dressé sur le tour, perpendiculairement à l'axe de rotation, qui est celui de la pièce, il faut que cet axe, nécessairement, soit horizontal, lorsque ce plan est vertical.

Pour mettre l'axe des tourillons dans une situation horizontale, il faut d'abord passer sur toute la longueur de chaque tourillon une lunette juste *B* (*Pl. VIII. fig.* 5) du diamètre prescrit, pour être assuré qu'ils sont parfaitement cylindriques; après cela on pose

sur la sommité de chaque tourillon une des branches d'une double équerre de fer *H* (*Pl. IX, fig.* 2), bien dressée; ces branches, parfaitement égales, sont assez espacées et assez longues pour embrasser le corps de la pièce, en passant par-dessus les anses; cette équerre étant ainsi placée, on examine soigneusement si les supports des branches, qui sont coudés à l'équerre et qui sont bien dressés, portent exactement sur toute la longueur des tourillons.

Cet examen fini, on pose sur le haut de l'équerre un niveau de maçon *A* (*Pl. IX*), et par le moyen d'un levier passé dans une des anses de la pièce, on la fait mouvoir sur son axe à droite ou à gauche, selon l'indication du pendule, et lorsque le pendule tombe dans la ligne d'aplomb, il faut bien caler la pièce, parce qu'alors les sommités des tourillons, ou leurs axes, étant parallèles au support des branches de l'équerre, auxquelles la ligne d'aplomb est perpendiculaire, sont nécessairement horizontaux.

La règle dont il est fait mention dans le présent article, pour vérifier la longueur totale du corps des pièces, est une règle *E* (*Pl. VIII, fig.* 2) de fer de 11 pieds 4 pouces de longueur, 21 lignes de largeur et 4 d'épaisseur; elle est

bien dressée et polie sur quatre faces : les longueurs totales du corps des pièces de canon de tous les calibres de place ou de campagne, sont marquées sur une de ces faces en partant d'un même bout, par des lignes perpendiculaires à sa longueur, condition qui est essentielle pour placer cette règle dans la vérification parallèlement à l'axe de la pièce, ce qui arrive lorsque, après avoir placé sur l'extrémité de la plate-bande de culasse le bout de la règle d'où partent les longueurs, on applique sur le plan de la bouche et par son centre, la petite règle de fer *f* également bien dressée, dont il est fait mention dans l'article 14, d'environ deux pieds de longueur, 12 lignes de largeur et 3 lignes d'épaisseur, et qu'on ramène le plan de la grande règle sur lequel les longueurs sont marquées sous la face latérale de la petite; de manière que l'arête de celle-ci, dans le cas d'une longueur exacte, coïncide avec la ligne qui termine la longueur à vérifier, ou se trouve dans le plus ou le moins parallèle, ou tout au plus coïncider avec les lignes qui, de part et d'autre de la longueur exacte, indiquent le plus ou le moins toléré, parce que, dans ces cas de coïncidence ou de parallélisme, l'axe de la pièce et la grande règle étant perpendiculaires

sur la longueur de la petite *F*, sont parallèles entre elles.

Soit qu'on donne les dernières dimensions à la longueur du corps de la pièce, par la culasse ou par la tranche de la bouche, les couteaux n'enlevant alors que des élémens pour ainsi dire d'épaisseur, et les deux variations faisant en somme une ligne entière, il n'y a qu'une vue oblitérée, ou une négligence impardonnable qui puisse franchir ces limites.

360. La profondeur se mesurera avec une règle qui doit être arrondie par son extrémité. « Pour que son centre touche exactement le » fond de l'âme, on passera sur cette mesure » une demi-ligne de variation en dessous. »

Pour ne pas multiplier en vain les instrumens de vérification, la grande règle désignée ci-dessus sert aussi à vérifier les longueurs des âmes des pièces de canon de tous les calibres, ces longueurs étant marquées sur l'autre face *G* de la règle, et en partant de l'autre bout arrondi, par des perpendiculaires à sa longueur.

Cette règle est introduite dans l'âme de la pièce sur son plat, par le bout arrondi, et la face sur laquelle les longueurs des âmes des

pièces sont marquées, étant au-dessus, elle est soutenue, à peu près à la hauteur de l'axe, par deux rondelles de bois *e e*, qu'elle traverse par leurs centres à la faveur d'une entaille qui y est pratiquée; leur diamètre doit être d'une ligne environ au-dessous de celui de l'âme, pour faciliter leur introduction; elles sont contenues sur la règle par de petits coins insérés dans l'entaille, qui sert de passage à la règle.

Comme à longueur exacte le plan de la bouche doit couper le plan de la règle par la ligne qui termine cette longueur, pour s'en assurer, on place sur le plan de la bouche la petite règle *F*, dont il a été fait mention ci-dessus, et de la même manière, et si l'arête de la petite règle, qui porte sur la grande règle, coïncide avec la ligne indicative, la longueur est exacte, et dans le plus ou le moins cette longueur est reçue, si cette arête se trouve entre, ou tout au plus coïnder avec les lignes qui, de part et d'autre de l'indicative, servent de limite à l'excès ou au défaut de longueur d'âme.

Le polissoir qui donne les dernières dimensions à la longueur de l'âme, n'enlevant à chaque révolution de la pièce que des élémens

d'épaisseur, il n'est pas possible, à moins de grande négligence, d'outrepasser les bornes prescrites.

Pour plus de commodité, on se sert, pour les deux vérifications susdites, dans les pièces de campagne, d'une pareille règle qui n'a que 66 pouces.

361. « Les longueurs des renforts ou celles » des moulures seront prises, ainsi que leurs » emplacemens, avec une règle de fer coupée » en échantillon, où le tout sera exactement » profilé, et il y aura des marques saillantes à » ladite règle pour la position des anses, et » pour en marquer la naissance seulement du » côté de la volée; on n'accordera qu'une demi- » ligne de variation sur ces dimensions; quant » à la saillie et au contour des moulures, on » ne fera point de difficulté sur cet objet, qui » n'est point de conséquence. »

Cette règle *H* (*Pl. VIII, fig.* 1) est de fer, elle a 2 pouces de largeur, 2 lignes d'épaisseur et une longueur relative au calibre.

362. « La longueur, depuis l'extrémité de » la plate-bande de culasse, jusqu'au-devant » des tourillons, sera prise avec une règle de » fer, portant un anneau à son bout, dont le » dessein sera joint à la présente instruction; » on passera une demi-ligne de variation sur » cette mesure. »

La règle *K*, qui sert à cette vérification dans les pièces de place, a son arête supérieure *a b* (*Pl. VIII, fig.* 1 et 2), tangente à une circonférence de cercle, supposé circonscrit à l'anneau, et dont le diamètre est celui de l'âme de la pièce; le vide de l'anneau est fait pour recevoir juste le tourillon, la longueur à vérifier est censée partir du point *f*, et se termine à une entaille *g* faite sur l'arête, afin que cette extrémité de longueur soit également apparente sur les deux faces de la règle, la même vérification devant se faire sur chaque tourillon.

Pour faire cette vérification, on passe l'anneau sur le tourillon, et on l'y place de manière à l'œil que la longueur de la règle étant perpendiculaire au diamètre vertical du tourillon, l'arête supérieure *g* touche l'extrémité de la plate-bande de culasse par le bout de son diamètre horizontal; et si, dans cette position de la règle, l'extrémité de la plate-bande de la culasse porte sur l'entaille indicative, ou bien entre ou tout au plus sur les demi-parallèles, qui de part et d'autre de l'entaille servent de limite au plus ou au moins, la longueur à vérifier est exacte ou tolérée; il faut cependant ajouter que s'il y a du plus ou du moins, relativement à un des tourillons, la même différence doit se rencontrer par rapport à l'autre;

sans quoi l'axe des tourillons ne seroit pas d'équerre sur l'axe de la pièce.

La construction de cette règle est fondée sur ce que la partie de longueur à vérifier, et qui est donnée dans les tables, ayant été prise sur une ligne perpendiculaire à la longueur du tourillon, sur un dessin de la pièce, représentant une coupe par l'axe, au-dessus et parallèlement à l'axe des tourillons, doit être mesurée sur la pièce dans le même plan et dans la même situation, relativement à la longueur du tourillon; condition qui est parfaitement remplie, tant par la construction de la règle que par sa position.

363. Comme il est très-avantageux pour le service de rendre ces instrumens de vérification les plus simples et les moins nombreux possible, celui-ci, à cause de l'anneau, ne pouvant servir qu'à la vérification du même calibre, auroit cependant la propriété de servir à la vérification de tous les calibres de place, si on y substituoit l'équerre *L*, planche XIII, élevée en *cd*, parallèlement à l'arête indicative *ec*, d'une quantité égale à la moitié du vent du boulet, c'est-à-dire de 9 points, ce vent étant par l'ordonnance de 1 ligne 6 points dans les pièces de place.

L'axe des tourillons dans les pièces de cam-

pagne étant placé à $\frac{1}{12}$ du diamètre du boulet au-dessous de l'axe de la pièce, l'instrument de vérification *K* (*Pl. IX, fig.* 3), étant construit sur le même principe, l'arête supérieure *fh* de la règle, qui porte l'entaille indicative, est une parallèle aux deux branches, qui embrassent le tourillon, et qui, prolongée jusques en *h*, diviseroit leurs distances respectives au diamètre horizontal *ab* du tourillon en deux parties inégales; la supérieure *ec* n'ayant que $\frac{5}{12}$ de ce diamètre *eb*, et l'inférieure $\frac{7}{12}$.

Pour n'avoir qu'un seul instrument servant à cette vérification dans les trois calibres de campagne, il faudroit lui donner la forme *E*, *fig.* 4, dans laquelle l'arête portant l'entaille indicative, étant perpendiculaire à la branche *ed*, la couperoit de manière que *ed* dans chaque calibre seroit toujours égale aux $\frac{5}{12}$ du diamètre du tourillon.

364. « Les tourillons devant être exactement » d'équerre avec l'axe de la pièce, leur axe doit » être perpendiculaire à un plan vertical, qui, » passant par la lumière, partageroit la pièce » en deux parties égales, ce qui se vérifiera au » moyen d'un instrument, dont le plan sera » joint à la présente instruction; on ne passera » point de variation sur cette partie. »

L'axe de la pièce et celui du tourillon étant

horizontalement disposé, et l'axe des tourillons étant encore d'équerre avec celui de la pièce, on vérifie avec un niveau de maçon, de cuivre, à jambes concaves, bien dressé, si le centre de l'orifice de la lumière se trouve sous une ligne d'aplomb, et si la rainure de la visière et la sommité du bouton de mire, qui servent de direction à la ligne de tir, correspondent aussi sous l'aplomb, dans quelque point de leur longueur qu'on en fasse la vérification, ce qui se rencontrant, satisfait complétement aux conditions énoncées dans le présent article; car si l'on suppose un plan vertical passant par l'axe de la pièce, comme les pièces de canon sont forées et tournées sur un même axe de rotation, ce plan ne peut manquer, 1°. de partager la pièce en deux parties égales; 2°. d'être perpendiculaire à l'axe des tourillons; 3°. de passer par le centre de l'orifice supérieur de la lumière, par la rainure de la visière et la sommité du bouton de mire, puisque les lignes d'aplomb, sous lesquelles ce centre et ces deux lignes se trouvent correspondre, sont autant de lignes verticales, passant par l'axe de la pièce, et par conséquent dans le plan vertical, qui la divise en deux parties égales, sans quoi il y auroit deux plans verticaux passant par une même ligne, ce qui est absurde.

365. « L'axe des tourillons, dans les pièces » de bataille, doit être placé à $\frac{1}{12}$ de diamètre » du boulet au-dessous de celui de la pièce, » et dans les pièces de siége et de place, l'axe » des tourillons sera au-dessous de celui de la » pièce d'un demi-calibre, ce que l'on vérifiera » avec l'instrument destiné à cet usage, dont » le plan sera pareillement joint à cette instruc- » tion; on passera sur cette partie une demi- » ligne de variation en dessus ou en dessous, » ainsi que sur la longueur des embases, dont » les proportions sont prescrites par les plans » et par les tables de dimension. »

Pour se convaincre de l'exactitude de cette vérification, il suffit de jeter les yeux sur la figure (*Pl. IX, fig.* 1); mais elle suppose que les deux croix de bois ne sont point déjetées dans aucune de leurs parties (car si une de ces huit branches seulement est dérangée, toute l'harmonie de l'opération est rompue); que le centre du tourillon est bien marqué, ce qui n'est pas ordinaire, puisque les graveurs, en dressant la tranche du tourillon, l'enlèvent presque toujours, et il faut alors le retrouver pour cette opération.

D'ailleurs ces croix, telles qu'elles sont ici, ne peuvent servir à la vérification des pièces de siége et de place; cette méthode n'est donc pas générale, comme elle pourroit l'être avec

l'instrument de la planche IX, sans avoir les mêmes inconvéniens.

366. Cet instrument est composé de deux règles de cuivre *A* et *B* (*Pl. IX, fig.* 5), qui se croisent à angles droits, glissant l'une sur l'autre à la faveur d'un talon *V*, portant dans son milieu une vis de pression *a* pour les assujettir à volonté.

L'une de ces règles *A*, destinée à prendre une situation verticale, a ses deux extrémités coudée en équerre du côté de la pièce sur 1 pouce de longueur, 9 lignes d'épaisseur; ces coudes *EE* sont taraudés pour recevoir une vis *D*, de 6 lignes de diamètre et de 5 pouces de longueur, servant à assujettir l'instrument contre le plan de la bouche, par les appuis diamétralement opposés, que les deux vis prennent sur la couronne de la tulipe.

Cette règle porte encore, du même côté des coudes, une tige de fer *u*, de 4 pouc. de longueur et de 6 lignes d'épaisseur, perpendiculaire à son plan, située à 7 pouces de son extrémité inférieure : cette tige étant destinée à porter sur la partie inférieure de l'âme de la pièce, est amincie et arrondie vers le bas sur la face opposée de la même règle; il y a une ligne *cd*, perpendiculaire à sa longueur, qui répond précisément au-dessous de la tige, de manière

que lorsque l'instrument est en place, cette ligne se trouve horizontale et de niveau avec le point le plus bas du cercle, qui, dans la tranche de la bouche, représente l'extrémité de l'âme de la pièce.

Au-dessus de cette ligne *cd*, il y en a sept autres *ee* qui lui sont parallèles, et, comme elle, elles servent, dans l'usage de l'instrument, à placer l'arête supérieure de la règle horizontale *B* à la hauteur des sommités des tourillons; les quatre premières, qui se rapportent aux quatre calibres de place et de siége, s'élèvent verticalement au-dessus de cette première ligne, et par conséquent au-dessus du bas de la tige, d'une quantité égale au rayon du boulet du calibre, et sont marquées sur la gauche de la verticale qui partage la règle *A*; et les trois autres qui sont les plus élevées, parce qu'elles se rapportent aux trois calibres de campagne, s'élèvent au-dessus de la partie inférieure de la même tige, de la moitié du calibre de la pièce, joint aux cinq douzièmes du diamètre du boulet, et sont marquées à droite.

Pour vérifier avec cet instrument si les tourillons sont à la hauteur requise, il faut le placer contre le plan de la bouche (*fig. VI.*), et l'y disposer de manière que la règle mobile *B* soit bien horizontale, ce qui se pratique au

moyen du niveau *A* de la planche VIII, fig. 4. Après avoir mis son arête supérieure sur l'une des parallèles *ee*, relative au calibre à vérifier, on place ensuite une règle *F* bien dressée, portant d'un côté sur le tourillon *T* de la pièce, et de l'autre sur la partie de la règle horizontale *B*, qui déborde le plan de la bouche, et l'on vérifie avec le niveau si cette règle est horizontalement disposée; ce qui doit être, si le tourillon est à la hauteur requise; mais si le pendule tombe ou du côté du tourillon, ou du côté de la volée, ce qui indique ou qu'il est trop bas, ou qu'il est trop élevé, il faut baisser la règle horizontale de l'instrument, dans le premier cas, jusqu'à la demi-parallèle indicative, comme remède à la loi; et si alors le pendule tombe du côté de la volée ou dans la ligne d'aplomb, la pièce doit être reçue; mais elle doit être rebutée s'il tombe encore du côté du tourillon, puisque le tourillon se trouve alors de plus de demi-ligne au-dessous de l'emplacement prescrit, la distance des demi-parallèles aux parallèles *ee* étant de demi-ligne, qui est la variation accordée.

Il faut, dans le second cas, élever la règle horizontale, et se conduire comme dans le cas précédent.

367. « Les saillies des deux embases, qui » doivent être parfaitement égales, doivent » être mesurées à leurs extrémités du côté de » la volée; la distance d'une embase à l'autre » sera prise contre le tourillon du côté de » la volée; cette distance comprend l'épais- » seur des deux embases et le diamètre exté- » rieur de la pièce pris au même point. On » ne passera sur cette partie que trois points » de variation. »

Cette distance se vérifie avec une double équerre de fer *N* (*Pl. VIII*, *fig.* 7), dont les deux branches ont entre elles la distance requise : cette équerre a un pouce de largeur partout et trois lignes d'épaisseur.

« L'écartement des embases étant décidé » au-devant des tourillons, leur coupe doit » accompagner partout un fil ou une règle » posée d'un bout à l'extrémité de la plate- » bande de culasse, et de l'autre côté, à l'extré- » mité des embases du côté de la volée; on » ne passera aucune variation sur cette partie.

» On passera sur les tourillons une lunette » du calibre juste du boulet, dans laquelle ils » doivent entrer d'un bout à l'autre; on n'ac- » cordera que trois points de variation sur » cette dimension. »

On se sert, pour cette vérification, d'une

double lunette *A* (*Pl. VIII*, *fig.* 5). Il faut que le tourillon passe d'un bout à l'autre dans la grande lunette, qui a quatre points de plus dans son diamètre que le diamètre prescrit; mais la pièce seroit rebutée, si ces deux tourillons, ou un des deux, passoit dans la petite lunette, qui a quatre points de moins dans son diamètre que le diamètre prescrit.

» Le tourillon, mesuré au-dessus de son » centre, aura de longueur le diamètre du bou- » let. On passera sur cette partie une demi- » ligne de variation; ledit tourillon sera coupé » d'équerre sur son axe. »

Cette vérification se fait avec une double équerre de fer *E* (*Pl. VIII*, *fig.* 6) bien dressée, dont les deux branches *ab bc* ont chacune le diamètre de boulet pour longueur.

368. « Les diamètres extérieurs des diffé- » rentes parties des pièces, seront conformes » aux tables, et l'on passera sur lesdites par- » ties demi-ligne de variation. »

Ces diamètres se vérifient à la fonderie de Douai, avec des demi-lunettes de fer *M* (*Pl. IX*, *fig.* 5), de trois lignes d'épaisseur, qui ne sont point tournées comme l'exigeroit la vérification, mais simplement dressées à la lime, et dont les ouvriers se servent journellement pour donner aux pièces qui sont

sur le tour les dimensions prescrites, ce qui les expose évidemment, par ces vérifications journalières, à perdre leurs vrais diamètres, tant par les frottemens qu'elles essuient dans ces vérifications réitérées, que par les chocs et chutes auxquelles elles sont assujetties, qui, en les faussant, diminuent nécessairement leurs diamètres; ce qui entraîne un examen préliminaire fort long, toutes les fois qu'il est question de vérifier des bouches à feu.

D'ailleurs, ces demi-lunettes ne peuvent donner avec la précision requise le plus ou le moins; car, lorsque le diamètre de la pièce est trop grand par rapport à la lunette, on n'a, pour décider le plus, que la ligne *cq*, qui n'a aucun rapport au diamètre, ou qui est toujours plus grand que la différence des rayons; et lors qu'au contraire la pièce est trop petite par rapport à la lunette, l'espace *ef* qui se trouve entre l'extrémité de la lunette et la pièce est aussi plus grand que la différence des rayons, puisque le diamètre de la lunette se trouve au-dessous de celui de la pièce.

369. Il seroit donc bien plus commode, plus exacts et moins dispendieux, si on vouloit, ainsi que le bien du service l'exige, avoir

des instrumens en réserve pour les vérifications, se servir, pour vérifier les différens diamètres extérieurs des bouches à feu, d'une double équerre de cuivre, représentée par la figure VII, planche 5, sur la branche intermédiaire *E*, de laquelle seroit gravée une échelle en pouces, lignes et points, au moyen des transversales, ainsi qu'on le voit sur la figure.

Or, lorsqu'il seroit question, avec ces instrumens, de vérifier un des diamètres extérieurs d'une bouche à feu quelconque, il faudroit d'abord placer la double équerre contre la pièce, par la branche *A*, et en sorte que la branche intermédiaire soit au-dessus du diamètre extérieur à vérifier, et faire glisser ensuite, à la faveur du talon *KN*, la branche mobile *B* sur la branche intermédiaire, jusqu'à ce qu'elle touche la pièce; et après avoir serré la vis de pression *V*, afin que la situation des deux branches parallèles soit immuable, il suffiroit d'examiner, par le moyen de l'échelle, en partant de la branche *A*, si leur distance est égale au diamètre de la pièce, voulu à cet endroit par les règlemens, ou seulement avec le plus ou le moins toléré, pour que la pièce soit reçue.

Il suffiroit que l'échelle graduée eût trente

pouces de long, et que les branches parallèles *A* et *B* en eussent quinze au-dessous de la première, pour que cette double équerre pût servir à la vérification de tous les diamètres extérieurs de toutes les bouches à feu, en faisant fonction de plus de soixante-dix lunettes.

369. « L'âme des pièces doit être forée con-
» centriquement, sans onde ni coups de foret,
» et s'il s'y rencontre une chambre qui passe
» une ligne et demie de profondeur, dans
» quelque partie de l'âme que ce soit, la pièce
» sera rebutée sans aucune difficulté ; elle le
» sera aussi, si après avoir été tournée, il s'y
» trouve extérieurement une chambre de plus
» de deux lignes de profondeur. »

On sondoit autrefois les chambres des pièces de canon, lorsqu'il s'en rencontroit sur les parois de leurs âmes, avec un instrument qu'on appeloit chat, à cause qu'il étoit composé de trois branches de fer *aaa*, terminées chacune par une griffe *e*; ces branches qui étoient assemblées sur une même tige *b*, qui se terminoit en douille, pour recevoir une hampe de bois de dix-huit pieds de longueur, s'écartoient par leurs ressorts de leurs centres communs, en faisant entre elles, autour de ce centre, un angle de 120 degrés, et l'on

pouvoit les rapprocher de ce centre, dont le plus grand éloignement étoit aux environs de trois pouces et demi, par le moyen d'un anneau de fer *c*, de deux pouces environ de diamètre dans œuvre, soudé tangentiellement à une tringle de fer *d* de même longueur que la hampe, qu'on faisoit avancer à volonté le long des branches *aaa* vers les griffes *e*.

Lorsqu'on vouloit, avec cet instrument, sonder une chambre, on faisoit avancer l'anneau *c* vers les griffes jusqu'à ce que par leur rapprochement vers le centre commun, l'instrument pût être introduit dans l'âme du canon, et on l'enfonçoit de manière que l'une des trois griffes qu'on avoit coiffée de cire molle, se trouvât à hauteur et vis-à-vis de la chambre à sonder : alors, en retirant l'anneau du côté de la douille, la griffe coiffée de cire étoit forcée par les ressorts des branches *a*, d'entrer dans l'ouverture de la chambre d'où on la faisoit sortir ensuite, en avançant l'anneau *c* du côté des griffes pour rapprocher les branches *a*; et en mettant l'instrument hors de la pièce, on jugeoit de la profondeur de la chambre et de la grandeur de son ouverture, par l'empreinte qu'en présentoit la griffe coiffée.

Cet instrument ayant été jugé, avec juste raison, peu commode et peu exact, soit parce que les griffes se trouvoient souvent trop grosses ou trop courtes, ou que les branches ne conservoient pas assez de ressort pour les forcer à pénétrer jusqu'au fond des chambres, on l'a abandonné, et on y a substitué d'abord l'étoile mobile, et ensuite l'étoile mobile à tambour que nous décrirons ci-dessous.

370. « L'âme des pièces ne sera d'abord » forée qu'à dix points de diamètre de moins » qu'elle ne doit avoir, afin d'éprouver les » pièces en cet état, et de pouvoir, après » l'épreuve, enlever par le dernier foret cet » excédant de métal et effacer les enfoncemens » qu'auroit occasionnés les coups d'épreuves, » de façon que si après le dernier foret, qui » doit mettre la pièce à son juste calibre, il se » trouvoit le moindre vestige d'enfoncement » provenant du boulet, la pièce seroit re- » butée. »

On vérifie ce premier diamètre avec l'étoile *E* (*Pl. X, fig.* 14) qui doit entrer dans toute la longueur de l'âme, son diamètre étant de dix points au-dessous du calibre.

371. « Le diamètre de l'âme doit être, après » le dernier foret, du calibre juste; on ne pas- » sera sur cette partie que trois points de varia-

» tion en dessus et rien en dessous; on mesu-
» rera ce diamètre avec une étoile bien exacte,
» dont il faut avoir attention de conduire les
» branches de façon qu'il s'en trouve toujours
» deux verticales; et dans cette situation, pour
» peu que l'âme ait d'évasement on s'en aper-
» cevra par des battemens des points horizon-
» taux, en remuant un peu l'instrument; si en
» promenant l'étoile d'un bout à l'autre de l'âme,
» on s'aperçoit de quelques variations, on y in-
» troduira l'étoile mobile pour décider de la
» force de l'évasement, et si cet instrument fait
» découvrir que le diamètre de la pièce est dans
» quelque partie plus fort qu'ailleurs de plus
» de trois points, alors la pièce sera rebutée
» sans difficulté. »

Pour vérifier ce diamètre de l'âme, on a deux étoiles de même forme *E*; la plus petite est du calibre juste, et doit pouvoir pénétrer l'âme d'un bout à l'autre, puisque l'ordonnance ne passe rien au-dessous; l'autre, un peu plus grande, a quatre points de diamètre de plus, et la pièce est rebutée si celle-ci peut entrer.

Pour vérifier ensuite si le diamètre de l'âme est le même exactement partout, on se sert de l'étoile mobile ou de l'étoile mobile à tambour; pour ce qui est des battemens que

l'épreuve peut occasionner sur les parois de l'âme s'ils sont assez profonds pour que le dernier foret ne les efface pas entièrement, la surface du métal restant terne et non décapée dans ces cavités, on ne peut manquer de s'en apercevoir.

372. L'étoile mobile dont il est fait mention dans le présent article, pour faire cette vérification, est construite comme il suit (*Pl. X, fig.* 1, 2 et 9).

Sur un cercle de cuivre *A*, de 2 pouces 10 lignes de diamètre et de 3 lignes d'épaisseur, sont entaillées dans la moitié de cette épaisseur et dans un même plan, quatre coulisses de 6 lignes de large à queue d'hirondelle, diamètralement opposées deux à deux, pour recevoir quatre branches de même métal *aaae*, qui pour rendre l'instrument susceptible de servir à la vérification des trois calibres de campagne, glissent à volonté dans ces coulisses : trois de ces branches *aaa* sont percées à jour sur le milieu de leur largeur, sur 10 lignes de longueur, pour le passage d'une vis de pression *b* qui sert à les assujettir dans la saillie qu'on veut leur donner hors du cercle, et relativement au calibre à vérifier, la quatrième branche *e* n'a qu'un tour carré de 2 lignes de côté,

mais sa coulisse est percée en dessus à jour, d'un trou rectangulaire de 10 lignes de longueur et de 2 de largeur.

Cette étoile est montée sur une douille *B B*, à deux pates *d d*, au moyen de deux écrous *c c*; dans cette douille entre une hampe de bois *E* de 6 pieds de longueur, forée selon son axe dans toute sa longueur, pour le passage d'une tringle de fer *F* de 6 lignes de diamètre.

Cette tringle, à 5 pouces 6 lignes de son extrémité supérieure, diminue de grosseur, et se réduit d'abord à 3 lignes de diamètre sur une longueur *g h* de 2 pouces 6 lignes, pour pouvoir passer dans un trou de même dimension percé sur le fond de la douille et concentriquement à ce fond, et ensuite à 2 lignes de diamètre sur les 3 pouces restant de longueur, pour pouvoir glisser de même dans un trou de même dimension pratiqué dans le milieu de l'étoile.

Cette dernière dimension de la tringle sert de côté et de hauteur au trapèze *k h i f*, dont la branche oblique *i f* passe dans le trou carré de la branche *e*, et en même temps à travers le trou rectangulaire *m* pratiqué dans la coulisse correspondante.

La hauteur du trapèze entre le plan inférieur de la branche *e* et le plan supérieur du

côté *ki*, est de 24 lignes, et la différence de longueur *ni* des deux côtés parallèles est de 4 lignes.

L'extrémité inférieure de la tringle se termine par un anneau, et prend au-dessus de cet anneau une forme prismatique quadrangulaire de 6 lig. de face sur une longueur de 2 pouces, dont elle dépasse la hampe, qui, à cette extrémité, est armée d'une virole de fer, sur le fond de laquelle est percé un trou carré pour le passage du prisme de la tringle, qui, sur 2 pouces qui dépassent la virole *G*, est divisée sur une de ses faces en vingt-quatre parties égales.

D'après la construction de cet instrument, il est évident qu'en poussant la tringle par l'anneau pour la faire avancer dans la hampe jusqu'à l'arête qui termine les deux pouces divisés en lignes, la partie supérieure ou le trapèze *khif* qu'elle porte avancera d'autant, et surmontera après ce mouvement de 2 pouces le plan du cercle de l'étoile, ce qui ne peut avoir lieu sans que son côté oblique *if*, en poussant la branche mobile *e* le long de sa coulisse, ne la fasse avancer latéralement de 4 lignes, différence des deux côtés parallèles; et comme 4 est la sixième partie de 24, et que le mouvement vertical de la tringle et le mouvement horizontal de la branche *e* sont unifor-

mes, il est évident que les divisions tracées sur la partie inférieure quadrangulaire de la tringle, pour marquer la marche absolue de cette tringle, peuvent servir à indiquer la marche absolue de la branche mobile *e*, chacune de ces parties correspondant à deux points de mouvement de la branche *e*.

Ainsi, si après avoir placé les branches de l'étoile relativement au calibre à vérifier, on introduit l'étoile mobile dans l'âme, et qu'en lui faisant parcourir la longueur de cette âme, on s'aperçoive dans quelques parties de cette longueur que l'étoile y trouve un peu de jeu ; pour mesurer cet évasement, il faudra pousser la tringle en avant par son anneau, et en multipliant par deux le nombre des lignes parcourues par la tringle, on aura la force de l'évasement exprimé en points. Supposons, par exemple, que la tringle se soit avancée de deux lignes, l'évasement se trouvera de 4 points.

Comme cet instrument n'est pas sans défauts, puisque les branches *aaa* peuvent à la rigueur, lorsqu'elles sont forcées, glisser et rentrer dans leurs coulisses sous la vis de pression, défaut qu'il seroit cependant bien aisé de corriger, puisqu'il suffiroit, pour s'opposer à ce mouvement rétrograde des branches sous la vis de pression, de donner un peu d'inclinaison

au plan de la coulisse, et en sens contraire, au plan des branches qui glissent par-dessus ; on a mieux aimé, pour ne laisser aucun doute, employer à cette vérification un autre instrument appelé étoile mobile à tambour, dont la description suit ci-après, qui, étant plus rigoureux, est aussi d'un usage plus général. (*Pl. X, fig.* 3 et 4.)

373. *A* est un tambour de cuivre de 2 pouces de diamètre et de 5 lignes de hauteur, monté carrément à poste fixe, sur un axe de fer qui, au-dessous du tambour, porte une vis *a* de 6 lignes de diamètre et de 18 lignes de longueur, et dont les pas ont exactement 1 ligne de hauteur, et au-dessus du tambour, un cylindre *b* de 4 lignes de diamètre et de 4 lignes de longueur, l'un et l'autre concentrique au tambour.

La vis *a* se visse dans un écrou *c*, situé à l'extrémité d'une tige de fer *B*, qui entre carrément dans un trou de même forme, et de 4 lignes de côté, percé, dans une des 4 branches *d*, d'une étoile ordinaire de fer *G* (*fig.* 10), d'un calibre quelconque, sur laquelle elle est assujettie au moyen d'un écrou de cuivre *e* qui se visse sur la vis qui termine la tige *B*, et qui saille sur le plan opposé de l'étoile.

Sur le plan et selon la longueur de la bran-

che *f*, diamétralement opposée à la branche *d*, glisse une languette *g*, qui entre dans une coulisse; cette languette étant mise en mouvement par le tambour *A* qu'elle embrasse, selon son épaisseur, au moyen des deux pates *h h*.

Les deux branches de l'étoile, perpendiculaires aux deux premières, sont chacune percées d'un trou rond de 3 lignes de diamètre, pour le passage des extrémités à vis de deux branches de la fourche *D*, qui termine la hampe de fer *EF*, et sur laquelle l'étoile est montée et arrêtée par deux écrous *i i*.

D'après cette disposition, il est évident qu'en faisant tourner le tambour *A*, ou, ce qui revient au même, la vis *a* dans l'écrou *c*, à droite ou à gauche, le tambour montant ou descendant d'une ligne à chaque tour, par la construction de la vis, doit nécessairement entraîner dans son mouvement la languette *g* (par le moyen des pates *h h*), et la faire monter ou descendre le long de sa coulisse d'une ligne dans chaque révolution du tambour.

Comme dans la vérification ce mouvement doit s'exécuter en dedans de la pièce, et par conséquent hors de la vue de celui qui vérifie, pour le rapporter au dehors avec la plus grande

exactitude sur l'extrémité de la hampe, opposée à celle qui porte la fourche *D*, est situé un écrou *m* pareil à l'écrou *c* dans lequel se visse la vis *n* d'un second tambour *G*, parfaitement égal au tambour *A*, et dans une situation qui lui est parallèle, de manière que ces deux tambours étant enveloppés d'un même ruban de fil pour communiquer le mouvement de l'un à l'autre, lorsque le tambour *G* fait une révolution entière et monte d'une ligne, le tambour *A* en fait précisément autant.

Pour empêcher que le ruban ne glisse sur le tambour à la première résistance de la languette *g*, ils sont chacun armés de quatre petites pointes diamétralement opposées deux à deux, qui, en perçant le ruban, l'empêchent de glisser.

Pour connoître avec précision la marche ascendante des tambours, et par conséquent celle de la languette qui doit mesurer l'évasement de la pièce, à une demi-ligne du tambour *G*, s'élève une tige de fer *L* de 18 lignes de hauteur, perpendiculairement au plan du tambour, et à la longueur de la hampe *EF*, cette tige sur une de ses faces latérales *r*, est divisée en lignes, à partir de 7 lignes au-dessus de la hampe, jusqu'à son extrémité supérieure.

(*Fig.* 4). Sur le plan supérieur du tambour *G* est gravé un cadran *K* divisé en douze parties égales, sur lequel porte une aiguille de fer *OP*, à laquelle l'axe *S* du tambour sert de pivot, mais qui, embrassant par son extrémité fourchue *O* la tige *L*, reste immobile, n'ayant dans les mouvemens des tambours qu'un mouvement dans le sens vertical que lui donne le tambour *G*, en l'enlevant d'une ligne à chaque révolution entière, de manière que l'aiguille, par son extrémité *O*, servant d'index aux divisions marquées sur l'arête *r*, marque en lignes la marche ascendante du tambour *G*, qui est positivement la même que celle du tambour *A*, et de la languette *g*; et par son extrémité *P*, marque sur le cadran la même marche en points ou parties de ligne, puisque le tambour monte d'une ligne à chaque révolution entière sur son axe, et que les divisions du cadran correspondent à des douzièmes de cette révolution.

Pour pouvoir commodément diriger l'étoile et la languette *g* dans l'âme de la pièce sur les parties à vérifier, la fourche *D* porte à deux pouces en arrière du tambour, un miroir concave de métal *M* et un guéridon *N* pour porter une bougie.

374. Pour vérifier avec l'étoile mobile à tam-

bour, si l'âme d'une pièce de canon est parfaitement cylindrique, il faut d'abord disposer l'instrument comme il suit :

Après avoir monté le tambour *A* avec son écrou sur l'étoile *C* du calibre, il faut, en faisant tourner le tambour, araser l'extrémité de la languette *g* à l'extrémité de la branche *f* de l'étoile, et faire aussi tourner le tambour *G*, jusqu'à ce que l'extrémité *O* de l'aiguille qu'il porte, rasant son plan supérieur et la première ligne indicative de l'arête *r*, l'autre extrémité *P* de l'aiguille tombe sur la division *XII* du cadran. Cette disposition faite, il faudra passer le ruban sur les deux tambours, et le bien serrer, par le moyen d'une petite boucle fixée à une de ses extrémités.

On introduira ensuite l'instrument dans la pièce, en observant de tenir l'étoile dans un plan perpendiculaire à l'axe de la pièce, et après l'avoir enfoncé de trois pouces, on essaiera de faire tourner la manivelle *H* montée sur l'extrémité du cylindre *S* du tambour *G*, en la tournant de droite à gauche, pour tâcher de faire monter la languette *g*, mouvement qui aura lieu pour peu qu'il y ait du jeu entre l'extrémité de la languette et les parois de l'âme; et, dans ce cas, on connoîtra ce jeu exprimé en points par le nombre des di-

visions du cadran qui auront passé sous l'aiguille, c'est-à-dire que, si l'aiguille marque *V*, l'évasement sera de 5 points. On tournera ensuite la manivelle en sens contraire pour faire redescendre la languette et la remettre au calibre, et après avoir ainsi manœuvré de 3 pouces en 3 pouces sur toute la longueur de l'âme, on aura une espèce d'échelle, dont l'uniformité ou variété des côtes décidera de la régularité ou de l'irrégularité du cylindre de l'âme.

S'il est question de vérifier, avec cet instrument, la profondeur d'un battement de boulet, après avoir tout disposé préliminairement comme ci-dessus, et avoir de plus allumé la bougie pour diriger la languette sous le battement, on opérera de même. On pourroit sonder pareillement la profondeur d'une petite chambre au défaut de l'étampe, en substituant à la place de la languette *g* une autre languette *X* (*fig.* 12) plus pointue, et l'on prendra l'ouverture de ladite chambre avec une autre languette *y* dont la tête coiffée de cire donnera l'empreinte.

Les variations accordées par l'ordonnance étant exprimées en lignes entières, ou parties de lignes exprimées en points, cet instrument a donc toute la précision requise, et

même au-delà, puisqu'on pourroit encore subdiviser d'une manière bien sensible les divisions du cadran, dont l'étendue est de 6 lignes et demie; on pourroit d'ailleurs, s'il étoit nécessaire, rendre la marche ascendante de la languette plus sensible, soit en diminuant la hauteur des pas des vis *a* et 12, ou en augmentant le diamètre du tambour extérieur.

375. La situation respective des anses, et leurs dimensions, se vérifient avec une plaque de tôle *A*, entaillée selon la fig. 6, pl. VIII: *a* est l'écart moyen par le haut; *b* l'écart moyen par en bas; *c d* l'épaisseur; *a b* la hauteur.

376. Les dimensions extérieures des obusiers et des mortiers se vérifient de la même manière que celles des canons; mais leurs longueurs d'âme et celles de leurs chambres, ainsi que les diamètres des uns et des autres, avec l'instrument décrit ci-après. (*Fig.* 5, 6, 7 *et* 8).

Cet instrument est composé d'une étoile *A* à trois branches *a* (*Pl. IX*), glissant à volonté sur une hampe de fer carrée de 18 lignes de côté, sur laquelle elle peut être assujettie à volonté par une vis de pression *b*. Cette étoile, servant à la vérification des deux obusiers et

de tous les mortiers, porte à cet effet sur chacune de ces branches *a* un talon *c*, qui, glissant à volonté sur cette branche, peut être assujettie par une vis de pression *d* sur la ligne perpendiculaire à la longueur de la branche qui marque l'extrémité du rayon de l'âme à calibrer, ce rayon étant supposé partir du centre de l'étoile.

D est une autre étoile mobile à quatre branches, mais particulière à chaque calibre, servant à vérifier le diamètre de la chambre. La hampe sur laquelle ces deux étoiles se montent, est évidée depuis *K* jusqu'en *f* pour le passage et le jeu d'une tringle de fer *gi*, qui, se vissant par son extrémité dans deux languettes *ee*, taraudées et situées de part et d'autre, et contre cette étoile *D*, sert à la faire glisser sur la partie inférieure *Kf* de la hampe.

E est un demi-cylindre de bois dur, de 18 lignes de hauteur, particulier aussi à chaque calibre, et contourné par le bas selon le quart de rond de la chambre à calibrer. Ce demi-cylindre est assujetti sur l'extrémité de la hampe par une vis de pression *I*.

Sur une des surfaces de la hampe sont marquées les longueurs de l'intérieur des bouches à feu, qu'on peut vérifier avec cet instrument, c'est-à-dire les longueurs des

chambres et des âmes jointes ensemble, ces longueurs étant supposées partir du point *h*, extrémité de la hampe; et sur la face opposée, sont marquées aussi les longueurs des chambres séparément, en supposant encore que ces longueurs partent du point *h*.

Pour faire avec cet instrument la vérification intérieure d'un obusier ou d'un mortier, il faut d'abord monter sur la hampe l'étoile mobile *D* et le demi-cylindre *E* relatif à cet obusier ou au mortier, et assujettir le talon *c* de chaque branche *a*, de manière que sa languette rase les extrémités du rayon de l'âme à calibrer, et après avoir retiré l'étoile mobile *A* jusqu'en *g*, et par le moyen de la tringle, l'étoile mobile *D* jusqu'en *f*, il faut introduire le demi-cylindre dans la chambre jusqu'à ce qu'il porte sur son fond, et alors laisser descendre l'étoile *A* sur la tranche de la bouche, et l'y assujettir en vissant la vis *b*, et pousser ensuite l'étoile *D* par le moyen de la tringle jusque sur l'ouverture de la chambre; et après avoir bien examiné si les deux étoiles entrent exactement dans les circonférences de cercles qu'elles doivent calibrer, on retire l'instrument pour vérifier si les deux étoiles *A* et *D* portent sur les lignes indicatives, ou entre, ou tout au plus sur les

parallèles qui servent de limites au plus toléré.

377. « Les visites provisionnelles prescrites » par les articles précédens, se feront à la » fonderie ; quand elles seront faites, on me- » nera au champ d'épreuves les pièces qui » auront été reconnues saines, ayant toutes » les proportions prescrites, et sans chambres » plus grandes que celles que l'on doit tolérer, » ni ouvertes, ni rebouchées avec des vis ou » autrement : lesdites pièces seront ensuite » montées sur de vieux affûts de leurs calibres, » et éprouvées ainsi qu'il suit. »

L'usage d'éprouver les bouches à feu avant de les recevoir, paroît aussi ancien que leur introduction à la guerre : l'histoire nous assure du moins qu'on les éprouvoit déjà du temps de Louis XI ; et c'est ainsi que s'exprime Comines dans les Chroniques de ce règne :

« Le lundy devant les roys, advint que plu- » sieurs officiers du roy en son artillerie firent » assortir une grosse bombarde qui, en ladite » année (1478), avoit été faite à Tours, pour » illec essayer et éprouver, et fut acculée la » queue d'icelle en tirant vers le pont de Cha- » renton ; laquelle fut chargée pour la pre- » mière fois, et tira très-bien, et porta la

» pierre d'icelle de volée jusqu'à la justice du
» pont de Charenton, et pour qu'il semblât aux
» dessus dits qu'elle ne s'étoit pas bien déchargée de toute la poudre qui, mise et boutée,
» avoit été dedans la chambre d'icelle bombarde, fut ordonné par les dessus dits, que
» encore seroit chargée de nouveau, et que
» de rechef seroit tirée pour seconde fois, et
» que avant ce, elle seroit nétoyée dedans la
» chambre d'icelle avant que d'y mettre la
» poudre; ce qui fut fait, et fut fait charger
» et bouter sa boule qui pesoit 500 liv. de fer,
» dedans la gueule d'icelle bombarde, à laquelle étoit un nommé Jehan Maugue, fondeur, qui icelle bombarde avoit faite. Laquelle boule, en roulant au long de la volée
» contre le tampon de la chambre d'icelle bombarde, se déchargea incontinent sans savoir
» d'où le feu y vint, à cause de quoi elle tua et
» meurtrit et mit en diverses pièces ledit Maugue, et jusqu'à quatorze autres personnes
» de Paris, dont les têtes, bras, jambes et corps
» étoient portés et jetés en l'air en divers
» lieux, et alla aussi ladite boule tuer et mettre
» en pièces et lopins un pauvre garçon oiseleur
» qui tendoit aux champs aux oiseaux; et de la
» poudre et vent de ladite bombarde, il y eut
» quinze ou seize personnes qui tous en eurent

» plusieurs de leurs membres gastés et brûlés, » et en moururent plusieurs depuis. »

Comme Comines, dans ce détail sinistre, nous laisse à désirer le plus intéressant, en ne faisant pas mention de la quantité de poudre dont la charge d'épreuve étoit composée, il est à présumer, par son récit, qu'elle étoit excessivement trop grande, et que la poudre étoit d'une bien mauvaise qualité, puisqu'elle ne s'étoit pas entièrement enflammée dans le premier coup, et que dans le second, il y eut quinze ou seize personnes blessées ou brûlées de la poudre et du vent, ce qu'on doit entendre par les grains non enflammés et par le souffle de la bombarde.

L'épreuve ordinaire pouvoit être justifiée autrefois sous trois points de vue : le premier étoit de s'assurer de la supériorité de la force de cohésion de la matière sous les épaisseurs déterminées sur l'effort dilaniateur des charges; le second, de vérifier la dureté requise dans l'alliage, et le troisième, de constater par la justesse ou l'irrégularité du tir, si l'âme de la bouche à feu étoit concentrique à l'axe de la forme extérieure.

Depuis l'introduction du forage et du tour dans la fabrication des bouches à feu, ces points de vue, dans l'épreuve ordinaire, se

réduisent évidemment aux deux premiers, et même depuis qu'on n'emploie plus pour la coulée des bouches à feu que des métaux bien connus, que les commissaires des fontes sont surveillés sur la confection de l'alliage qui leur est prescrit, qu'ils sont scrupuleusement assujettis à des formes et à des épaisseurs invariables, qui ne laissent rien à redouter de l'effort dilaniateur des charges d'épreuves, on peut dire, avec vérité, que l'épreuve ordinaire des bouches à feu de fonte verte n'est plus qu'une précaution d'usage, sans utilité; vis-à-vis même du seul point de vue, la dureté requise, qui pourroit fortement la réclamer, puisque l'affaissement de la matière, ou logement du mobile, qui dans l'épreuve ordinaire pourroit par sa force manifester l'insuffisance de la dureté de la fonte pour le service, est couvert par une réserve ou remède à la loi, supérieure, pour ainsi dire, à tout effort dilaniateur possible.

L'épreuve ordinaire est donc tout au moins inutile; car 1°. les bouches à feu étant forcées et tournées sur le même axe, ne peuvent manquer d'avoir leurs formes concentriques à l'axe de leurs âmes, et par conséquent de tirer juste autant que cela tient à cette condition de fabrication.

2°. Il est inouï, dans les temps ordinaires

de fabrication, qu'aucune bouche à feu, de quelque calibre et de quelque espèce qu'elle soit, ait crevé sous la charge d'épreuve. J'ai été employé dix-huit ans à la fonderie de Douai, sans avoir non-seulement été témoin d'un pareil événement, mais même sans avoir eu à rebuter aucune bouche à feu par l'épreuve de l'eau, qui suit celle de la poudre. Je dis dans des temps ordinaires de fabrication, soignée et surveillée, pour faire exception de la fabrication du temps de la révolution, où, par l'abus inconsidéré qu'on a fait dans la coulée des canons, du métal de cloche et autres matières combinées qui y étoient peu propres, on a vu des canons de campagne, surtout, crever dans les épreuves ordinaires, et un bien plus grand nombre sur le champ de bataille.

3°. La seule qualité suspecte dans nos fontes d'aujourd'hui, est la dureté requise, si importante à surveiller, comme bien essentielle à la durée du service, qui tient non-seulement à l'exacte proportion des parties constituantes de l'alliage qui peut y satisfaire, mais encore à leur parfaite combinaison. L'épreuve ordinaire présente d'autant moins de garantie à cet égard, ainsi que nous l'avons avancé ci-dessus, que les canons vont à l'épreuve, et la subissent sous un calibre de dix points au-

dessous du calibre de réception, qu'on enlève après l'épreuve par le repassage : opération qui sauve, comme remède à la loi, toutes les pièces dans lesquelles le repassage ne laisse aucune trace sur les parois de l'âme, du moindre affaissement, c'est-à-dire, toutes les bouches à feu, sur les parois desquelles au logement du mobile, ou partout ailleurs par des battemens, l'affaissement de la matière sous deux coups d'épreuve consécutifs n'a pas outre-passé cinq points de profondeur; je dis après deux coups d'épreuve consécutifs, parce que, quoiqu'on fasse tirer, dans l'épreuve, quatre coups aux bouches à feu qui la subissent, savoir : deux coups au tiers du poids du boulet, et deux autres aux deux tiers, il est évident qu'il n'y a que deux coups, vu la différence de la charge de poudre, où le mobile porte sur le même point des parois de l'âme.

Cet affaissement, hors des cinq points de réserve, est si rare, que je n'ai eu occasion de l'observer qu'une seule fois dans dix-huit ans, sur une pièce de 12 de siége; encore cet accident tenoit-il à une circonstance extraordinaire dans la coulée, qui avoit dû contribuer à rendre la matière peu compacte.

378. « Les canons destinés pour les siéges et » pour les places le seront à un but, quatre

» coups de suite, dont deux à la charge de
» poudre du tiers du poids du boulet, et
» les deux autres aux deux tiers dudit poids.

» Les canons destinés pour les batailles
» subiront aussi quatre coups d'épreuve poin-
» tés de but en blanc, et aux charges sui-
» vantes;

SAVOIR:

» Les pièces de 12, deux coups à 4 livres de
» poudre, et ensuite deux autres à 5 livres.

» Les pièces de 8, deux coups à 2 livres et
» demie, et deux coups à 3 livres et demie.

» Les pièces de 4, deux coups à 1 livre et
» demie, et deux coups à 2 livres.

» Les mortiers de tous les calibres tireront
» chacun quatre coups à chambre pleine, dont
» deux seront pointés à 30 degrés et deux à 60
» degrés.

» Les obusiers des deux calibres tireront cha-
» cun cinq coups à chambre pleine. »

Le cinquième coup que les obusiers tirent de plus, est vraisemblablement pour tenir lieu d'une augmentation d'effort qu'on fait subir aux autres bouches à feu dans les derniers coups d'épreuve, soit en augmentant la charge comme dans les canons, ou en augmentant l'angle d'élévation du tir, comme dans les mor-

tiers ; cette augmentation d'effort n'ayant lieu d'aucune manière dans l'épreuve des obusiers qui tirent le premier comme le dernier coup à chambre pleine, et la culasse sur la semelle de l'affût.

La méthode de faire procéder dans les épreuves, les deux coups à charge ordinaire, est très-conforme aux intentions de l'épreuve, puisque la pièce subit alors dans les deux derniers coups le plus grand effort dilaniateur, dans l'état le plus critique du métal où le porte la dilatation qu'il éprouve par l'imbibition du calorique rayonnant de deux coups précédens.

379. « Comme les coups d'épreuve à grande » charge, dans les pièces de canon, refoule- » ront le métal beaucoup au-dessus de l'em- » placement que doit occuper le boulet dans » les charges ordinaires, et qu'après que le » dernier foret aura uni l'âme de la pièce, cette » partie refoulée aura plus de consistance que » les autres, il seroit à craindre que lorsque la » pièce s'évaseroit, par l'effet successif des char- » ges ordinaires, la partie refoulée par les fortes » charges ne cédât moins que le reste de l'âme, » et ne formât un bourrelet qui, faisant bon- » dir le boulet, occasionneroit des battemens » qu'il est essentiel de prévenir ; c'est pour-

» quoi, en tirant les deux premiers coups » d'épreuve à petites charges, on mettra un » bouchon de corde effilée bien refoulée sur » le boulet, pour retarder son départ, et occa- » sionner, s'il est possible, un refoulement » dans le métal, à ce premier logement; si » le bouchon de corde ne suffit pas pour » opérer cet effet, on mettra sur le boulet » un cylindre de terre grasse suffisant pour » le produire. »

Cet effet appréhendé n'est point à craindre puisque le repassage y obvie de reste; d'ailleurs on ne voit pas comment ce premier refoulement pourroit parer à l'inconvénient du second.

« Les charges seront faites à l'ordinaire; on » choisira les boulets, les bombes et les obus » entre les plus unis et de calibre juste; les » pièces seront chargées en présence du com- » missaire des fontes. »

« Lorsque les pièces de canon, mortiers et » obusiers auront tiré le nombre de coups » ordonné ci-dessus, on les fera élever à la » volée, on en bouchera la lumière avec un » bouchon de bois, et on les remplira d'eau; » on les visitera à l'extérieur avec soin sur » toute la surface, pour voir si l'eau ne

» transpire pas; on examinera surtout bien
» attentivement les environs des anses ainsi
» qu'à l'entour de la lumière, et l'on recon-
» noîtra par là si le grain a été posé bien
» exactement et avec force dans les pièces où
» il aura été mis à froid; on aura également
» attention de visiter le premier et le second
» renfort pour voir s'il ne s'est fait aucune
» commotion dans la matière, ni aucune ger-
» çure ou petite fente en dehors; une pièce
» sera rebutée pour la moindre gerçure ou
» petite fente extérieure, qui n'auroit pas été
» reconnue par l'examen prescrit par l'arti-
» cle 28. »

« Les pièces qui, dans les opérations ci-
» dessus, auront fait eau dans quelque partie
» que ce soit de la longueur de l'âme, se-
» ront rebutées, à l'exception cependant de
» celles qui ne laisseroient voir que de l'hu-
» midité entre le grain de la lumière et le
» métal; mais, s'il s'y rassemble assez d'eau
» pour qu'elle coule, le fondeur sera obligé
» de remettre un autre grain, et la pièce
» subira une seconde épreuve après cette opé-
» ration.

» Lorsque les pièces de canon auront subi
» l'épreuve de l'eau, on y passera le dernier

» foret pour les mettre à leur juste calibre, » après quoi l'on procédera à la visite de l'âme » conformément aux articles 29 et 30. »

380. Les pièces de canon par l'article 29, allant à l'épreuve avec un calibre de dix points au-dessus du calibre ordinaire, l'ordonnance n'accorde donc que cinq points d'affaissement pour l'épreuve de la dureté de la matière, au-delà desquels elle est jugée n'avoir pas la fermeté qu'exige le service; il est cependant à observer que les cavités et les refoulemens qui peuvent avoir lieu dans l'épreuve, soit au logement du boulet, ou partout ailleurs par le battement de ce mobile, doivent être plus profonds que dans le service ordinaire, par une plus forte charge, et parce qu'à cause de la plus grande régularité du cylindre de l'âme, le boulet ne portant pour ainsi dire que sur un point, la pression ou la percussion qui les occasionne, agissant sur une moindre surface, doit les approfondir davantage.

Quoique cette précaution soit à charge aux commissaires des fontes, par un surcroît de travail, et quoiqu'ils se soient beaucoup récriés au commencement, contre cette méthode qui n'avoit lieu que pour les pièces de canon, ils s'y sont cependant si bien accou-

tumés par la suite, qu'ils ont demandé eux-mêmes à la mettre en usage vis-à-vis les obusiers et les mortiers, dans le tir desquels la constante position du mobile la rendoit plus nécessaire; ce qui leur a d'abord été permis par une lettre de M. Gribeauval, en date du 26 mars 1767, et ensuite ordonné par une lettre du ministre, en date du 28 novembre 1774.

« A l'égard des mortiers et obusiers, si, » après les coups d'épreuve ordonnés ci-dessus » la chambre se trouve évasée dans ses parois, » ou enfoncée par le bas de plus de six points, » ils seront rebutés; il en sera de même lorsque » le choc ou le pressement de la bombe ou de » l'obuse auront occasionné dans l'âme une » dilatation de plus de trois points; et si l'on » aperçoit quelques vis, soit dans l'intérieur » ou à l'extérieur des pièces de canon, mor- » tiers ou obusiers, les pièces seront également » rebutées.

» Ceux des mortiers qui doivent être coulés » à noyau seront fondus aux frais et pour » le compte de sa majesté, qui fera payer » au fondeur la somme qui sera réglée pour la » façon de chacun desdits mortiers, pourvu » qu'il ne se trouve point de chambres ou » sifflets tant dans l'intérieur qu'à l'extérieur

» de plus de deux lignes de profondeur; si » lesdites chambres ou sifflets sont plus pro- » fonds, alors les fondeurs ne recevront pour » la façon que la moitié du prix réglé, et » lorsque lesdites chambres ou sifflets seront » jugés assez considérables pour faire rebuter » les mortiers, alors les fondeurs ne recevront » rien pour la façon desdites bouches à feu.

» On examinera scrupuleusement si la » chambre du mortier est bien concentrique » avec l'âme, faute de quoi le mortier sera » rebuté.

» Cette vérification doit se faire avec l'instru- » ment *A* (*Pl. X, fig.* 6), décrit ci-dessus.

» Lorsqu'on rebutera des pièces de canon, » mortiers et obusiers, soit à la fonderie, ou » au champ d'épreuve, on cassera les anses » aux canons et obusiers, et un tourillon aux » mortiers.

» Si les pièces de canon n'ont aucun des » défauts désignés ci-dessus, on y passera » le chat (vieux style), et s'il ne s'y trouve » pas de chambre plus profonde que celles » qui sont tolérées ci-dessus, elles seront » reçues.

» Il sera dressé à chaque épreuve un procès- » verbal détaillé des opérations prescrites par » la présente instruction, lequel sera adressé

» au secrétaire d'état ayant le département de
» la guerre.

» Fait à Fontainebleau, le 31 octobre 1769,
» *signé* Louis. Et plus bas, par le duc de
» Choiseul. »

381. Après la dernière vérification, les bouches à feu reçues sont pesées en présence de l'officier attaché à la fonderie, et après que le poids a été gravé sur un des tourillons, elles sont livrées au garde de l'artillerie, qui en donne un récipissé au commissaire des fontes, pour servir à son payement, qui est conforme à ce qui est stipulé dans l'obligation suivante :

« Aujourd'hui, seizième jour de mars mil
» sept cent soixante-neuf, le S. N...., commis-
» saire des fontes de l'artillerie à N...., y de-
» meurant ordinairement, a promis et s'est
» obligé envers monseigneur Étienne-François
» de Choiseul, duc de Choiseul d'Amboise,
» pair de France, chevalier des ordres du roi
» et de celui de la toison-d'or, colonel-général
» des Suisses et Grisons, lieutenant-général
» des armées de sa majesté, gouverneur et
» lieutenant-général de la province de Tou-
» raine, grand-bailli d'Haguenau, gouverneur
» et grand-bailli du pays des Vosges et de Mi-

» recourt, ministre et secrétaire d'état ayant
» les départemens de la guerre et des affaires
» étrangères, grand-maître et surintendant gé-
» néral des courriers, postes et relais de France;
» de fabriquer et couler dans la fonderie de
» ladite ville de N...., généralement toutes les
» pièces d'artillerie et autres ouvrages de fonte
» qui lui seront ordonnés, suivant les dimen-
» sions et dessins qui lui en seront remis par
» le sieur Maritz, inspecteur-général des fontes
» de l'artillerie, aux prix, clauses et conditions
» ci-après expliquées.

Article Ier. « Il sera payé audit sieur N....,
» pour la façon des pièces de canon et autres
» bouches à feu, de siége ou de campagne,
» ou destinées pour la défense des places;

SAVOIR:

	A Douai.	A Strasbourg.
» Pour chaque pièce du calibre de 24...	950 liv.	850 liv.
» Pour chaque pièce de 16.....	850	750
» Pour chaque pièce de 12, longue ou » de bataille.....	450	450
» Pour chaque pièce de 8, longue ou » courte.....	400	375
» Pour chaque pièce de 4, longue ou » courte.....	300	250
» Pour chaque mortier de 12 pouces...	500	500
» Pour chaque mortier de 10 pouc. 1 lig. » 6 points, à chambre contenant 7 ou » 4 livres de poudre.....	500	500

	A Douai.	A Strasbourg.
» Pour chaque mortier de 8 pouc. 3 lig.	270	225
» Pour chaque obusier de 8 pouc. 3 lig. ...		375
» Ou de 6 pouc. 1 lig. 6 points.....	400	350
» Pour chaque pierrier de 15 pouces coulé à noyau et non allesé dans l'âme.	270	250

» Si les prix sont différens dans les deux fonderies, ce n'est pas que celles qui sont fabriquées à Douai soient plus travaillées que celles que l'on fabrique à Strasbourg; mais c'est que dans cette première ville, les matières qui se consomment dans leur fabrication y sont plus chères que dans la première, surtout pour les combustibles.

» II. Tous les canons, mortiers et obusiers seront coulés massifs et forés, selon la méthode enseignée par le sieur Maritz, à l'exception des mortiers de douze pouces et de ceux de dix pouces une ligne six points, dont la chambre doit contenir sept livres de poudre, lesquels seront coulés à noyau : les masselottes de toutes ces bouches à feu seront du poids porté au tarif arrêté par le sieur Maritz, et conformes aux dessins que cet inspecteur donnera.

» III. Les mortiers de douze pouces et ceux de dix pouces une ligne six points, à chambre contenant sept livres de poudre, ne seront payés 500 liv. qu'autant qu'ils seront sans

» défaut dans toutes leurs parties; et ceux qui » auront des chambres, des sifflets, des taches » d'étain, ou d'autres défauts, soit sur le corps » du mortier ou à sa partie intérieure, ne » seront payés que 250 liv.

» IV. Il sera accordé audit sieur N...., pour » chaque grain de lumière qu'il remettra à » chaud ou à froid, dans ladite fonderie, aux » vieilles pièces de canon de tous les calibres » indistinctement, la somme de 50 liv.

» V. Il sera payé audit sieur N.... 3 sous » 6 deniers chaque livre pesant, poids de » marc, pour la fonte des petits ouvrages » qu'il sera chargé de faire exécuter, comme » poulies, boîtes à rouages de toutes espèces, » mortiers à piler de toutes grandeurs, avec » leurs pilons, boîtes à signaux et à réjouis- » sances, flasques d'affûts à mortiers, écrous » de pointage, et autres ouvrages, le tout livré » brut, lesdits ouvrages devant être réparés » et achevés aux frais du roi.

» VI. Les mortiers à éprouver les poudres » seront payés audit sieur N.... sur le même pied » de 3 sous 6 deniers la livre pesant pour la » façon, et il lui sera accordé en outre 18 liv. » pour la réparation de chacun desdits mor- » tiers, et pareille somme de 18 liv. pour la

» façon et la fonte de chaque globe de fonte à
» leur usage.

» VII. Les moules à faire une livre de balles
» de plomb, du calibre de 18 et autres, lui
» seront payés à raison de 25 liv. chacun, y
» compris leurs montures.

» VIII. La fonte des balles de plomb de tous
» les calibres qu'il fera couler à la fonderie,
» lui sera payée à raison de 18 sous le quintal,
» poids de marc, et il lui sera accordé 3 pour
» 100 de déchet.

» IX. Il sera passé audit sieur N.... 10 pour
» 100 de déchet (à Douai, et 8 pour 100 à
» Strasbourg) sur tous les métaux qu'il livrera
» en ouvrage neuf, fait et parfait, ainsi que
» sur les mortiers qui seront jugés ne devoir
» être payés que 250 liv., le tout suivant les
» procès-verbaux d'épreuve et réception qu'il
» en rapportera, et les récépissés des garde-
» magasins d'artillerie, et moyennant ce dé-
» chet, il sera chargé de refondre et raffiner les
» vieux métaux douteux avant d'en composer
» l'alliage des bouches à feu. »

382. La connoissance exclusive que les commissaires des fontes s'arrogeoient autrefois, ayant été un obstacle à l'instruction du personnel de l'artillerie sur cette branche importante du service, les lumières qu'on a pu ramasser à

cet égard en 1769, n'ayant pas paru suffisantes, ce n'est qu'avec précaution et ménagement qu'on y a porté la réforme, et avec une entière confiance que les différens articles de l'obligation que les commissaires des fontes ont passée cette année, ont été dressés; celui qui se ressent le plus de cette confiance est ce dernier.

Comme le déchet réel de chaque fonte varie avec la capacité du fourneau, avec la quantité de matière qui compose la charge, avec la différence de l'alliage de ces mêmes matières par le plus ou le moins de temps de chauffe qu'elles supportent; et que d'ailleurs ce déchet ne peut se connoître après chaque fonte, par la quantité variable de métal qui s'insinue dans les terres des moules, par les différens degrés de chaleur de la matière coulée, ce n'est donc qu'après une suite d'opérations tendantes à extraire ce métal, enveloppé dans les terres des moules, et à le raffiner, qu'on peut connoître en bloc le déchet réuni de plusieurs fontes; et personne autre que les commissaires des fontes n'ayant été à portée, avant 1769, de suivre ces opérations, il a bien fallu s'en rapporter à leur demande dans la nécessité de les dédommager d'une perte inconnue, mais réelle.

Comme personne ne vérifioit autrefois aussi

la quantité et la qualité des matières qui composoient la charge des fourneaux, il faut convenir qu'on ne pouvoit tabler, pour dédommager les commissaires des fontes du déchet de la matière, que par la qualité et quantité des bouches à feu qu'ils livroient; mais actuellement qu'il y a dans chaque fonderie des officiers préposés pour faire cette vérification, ce déchet pourroit se régler d'une manière bien plus précise et plus convenable, c'est-à-dire bien plus approchant du déchet réel et plus relatif à la quantité des matières employées dans les charges des fourneaux, sauf à dédommager d'ailleurs les commissaires des fontes de la partie de bénéfice que cette réduction pourroit enlever à leur industrie.

Mais pourquoi le gouvernement, fournissant au commissaire des fontes tous les métaux, ne se chargeroit-il pas, pour un plus grand bien, entièrement de ce déchet? Ce seroit fermer absolument la porte à tous les abus, qu'une communauté de métaux entraînera toujours, quelque précaution que l'on prenne pour les extirper ou pour les empêcher de s'introduire. Il suffiroit, pour cela, d'établir dans chaque fonderie un contrôleur, pour tenir état des matières employées dans chaque fonte et leurs produits, sous les yeux

des officiers employés à la fonderie, visé par le directeur. Le déchet réel des fontes étant fort au-dessous du déchet accordé par cet article, cette différence laisse aux commissaires des fontes une masse de métal sur laquelle ils font un bénéfice considérable et d'autant plus grand, que la matière a plus de valeur intrinsèque, et que cette même masse a plus de poids. Ainsi l'intérêt des fondeurs se trouve d'abord, au premier égard, par cette rétribution, opposé à celui de l'État, qui est de tâcher de trouver, au contraire, une matière pour la fonte des bouches à feu, qui, avec les qualités requises, soit du plus bas prix possible. On ne doit donc pas s'attendre à être aidé dans cette importante recherche, par les commissaires des fontes, qui doivent en être d'autant plus éloignés, que l'alliage usité pouvant s'employer à la fonte des cloches, aux corps et tuyaux de conduite de toute espèce de pompe, et à une infinité d'ustensiles, machines et instrumens de mécanique, nécessaires aux arts et aux métiers, ils peuvent en faire un trafic très-lucratif.

En second lieu, on ne doit pas s'attendre à les trouver plus favorablement disposés à recevoir toute innovation tendante au bien du service, qui peut diminuer cette masse de

métal; ils seront donc constamment de l'avis qu'il faut couler, à noyau, canons et mortiers; qu'il ne faut point tourner les bouches à feu; ils trouveront toujours que le poids prescrit pour les masselottes est trop fort; ils se récrieront sur le raffinage des lavures ordonné, et enfin, plus instruits sur leur propre intérêt que sur le service de l'artillerie, qui doit leur être étranger, ils affirmeroient, si on les consultoit, que les pièces de campagne sont trop courtes et trop légères pour le service, et cela, parce que, dans leurs fontes, le poids des masselottes étant dans un plus grand rapport avec celui des pièces finies, comme il est aisé de le faire voir par un exemple, le déchet accordé se rapproche davantage du déchet réel que dans les pièces de place et de siége.

De la charge du grand fourneau, qui est ordinairement de 43,000 liv., on coule cinq pièces de 16, qui, toutes finies, pèsent l'une dans l'autre 41,800 liv.; le déchet accordé est donc, pour cette fonte, de $418 \times 5 = 2090$ liv., la même charge ne pouvant produire que 25 pièces de campagne de quatre, qui, finies, pèseroient l'une dans l'autre 580 liv.; le déchet accordé dans ce second cas ne seroit que de $58 \times 25 = 1450$, c'est-à-dire de 640 livres de moins que le précédent.

Il est donc bien évident que le bien du service exige que l'article IX de l'obligation des commissaires des fontes, soit résilié, afin de ne leur laisser aucun motif d'intérêt de soustraire, ou même de lésiner sur aucun des moyens ordonnés dans la fabrication des bouches à feu qui concourent à donner à leur matière la solidité qui leur convient; ce qui est d'autant plus important, que l'épreuve que l'on fait subir aux bouches à feu, avant de les recevoir, n'est pas plus faite pour décéler la lésine opérée sur la plupart de ces moyens, que la vigilance la plus exacte pour l'empêcher.

« X. Les ustensiles et outils de toute espèce » concernant les fontes, moûleries, forges, » machines à forer et à tourner, et autres, » seront remis en bon état audit sieur N...., et » il sera chargé de leur radoub, entretien et » remplacement, non compris cependant les » fourneaux de la fonderie, lorsqu'il sera ques- » tion de rétablir des voûtes, chauffes ou fonds; » mais l'entretien journalier desdits four- » neaux sera à la charge dudit sieur N...., en » lui fournissant les briques seulement; les » gros cables et leurs moufles et poulies, les » trousseaux et leurs chantiers destinés à » mouler les bouches à feu, seront fournis et

» réparés aux frais du roi, ainsi qu'un chariot » pour conduire les moules à la fosse, et un » triquebale pour les manœuvres de la fon- » derie.

» XI. Les pièces de canon, mortiers, pier- » riers et obusiers qui seront coulés par ledit » sieur N...., seront transportés au lieu destiné » à leurs épreuves, et ramenés à la fonderie » aux frais de sa majesté.

» XII. Au cas qu'il soit ordonné au sieur N.... » de ne point réparer lesdites pièces de canon » et autres bouches à feu, dans un besoin pres- » sant, et de les laisser brutes, il lui sera » rabattu 50 liv. par pièce de 24, de 16 et de » 12, et 25 liv. seulement pour chaque pièce » de calibre inférieur, ainsi que sur chaque » mortier, pierrier et obusier.

» XIII. Le métal provenant du déchet accordé » au sieur N...., lui sera payé à raison de » 20 sous la liv., poids de marc : ce métal sera » refondu deux fois, afin de le rendre pur et » propre aux ouvrages de la fonderie, et il ne » sera point permis audit sieur N.... d'en vendre » à des particuliers, ni de l'employer à d'autres » ouvrages qu'à ceux qui lui seront ordonnés » pour le service du roi. »

383. Il est ici question de cette masse de métal provenant de la différence du déchet

accordé au déchet réel, qui se trouve en grande partie dans les croûtes des moules que le roi prend en recouvrement, moyennant 20 sous la livre, afin qu'après les deux raffinages ordonnés, il puisse lui tenir lieu dans les fontes des matières neuves qu'il achète à l'étranger cinq ou six sous la livre plus cher.

Cet article bien exécuté à la lettre, pareroit à bien des abus; mais si ce recouvrement doit avoir lieu, qui est-ce qui le vérifie? et comment peut-il être complet? Si l'on permet aux commissaires des fontes d'en faire usage pour couler des ouvrages pour des particuliers; pour des communautés, pour des compagnies; du moins, dans ce cas, il me semble que ce seroit assez et pour les particuliers, communautés et compagnies qui obtiennent ces permissions, et pour les fondeurs qui les exécutent, que le roi, en leur accordant la liberté de faire usage du local des fourneaux et des machines, ne perdît que le temps employé à ces travaux étrangers qui retardent ceux de son service, et que le métal employé lui fût rendu comme neuf, afin qu'il ne fût en rien lésé dans son recouvrement.

Le second des deux raffinages qui sont ici prescrits, pour rendre les lavures propres aux ouvrages de la fonderie, est-il inutile ou même

dommageable? En ne considérant que l'intérêt des fondeurs, on se décideroit certainement pour l'affirmative; mais en envisageant le bien du service, on ne peut s'empêcher de convenir qu'il est indispensable, surtout à l'inspection de tous les ouvrages coulés d'une fonte de premier raffinage. Tous les cylindres à calibrer les obus de 8 et de 6 pouces, coulés pleins des fontes de lavures de premier raffinage ont d'abord présenté des soufflures sur le plan coupant de la scie, et plusieurs autres, ensuite quand on a voulu les forer, qui, portant sur le corps du cylindre, les mettoient dans le cas d'être rebutés; et ce n'est qu'après en avoir foré plusieurs inutilement, qu'on s'est déterminé à refondre le reste au nombre d'environ 14 ou 15, quoique autorisés à les employer comme ayant été coulés avant qu'il fût définitivement décidé que les seconds raffinages des lavures s'étendoient sur les mêmes ouvrages.

« XIV. Le sieur N.... sera payé des ouvra-
» ges détaillés ci-dessus, après les livraisons,
» en rapportant les procès-verbaux en bonne
» forme, des épreuves qui en auront été faites,
» et les récipissés des garde-magasins d'artil-
» lerie visés des principaux officiers du corps
» royal, dans les places où lesdits ouvrages

» auront été remis, à la déduction cependant
» des 4 deniers pour livre attribués aux Inva-
» lides, et de 2 deniers pour livre attribués à
» l'École militaire.

» XV. Il sera accordé audit sieur N.... qua-
» tre maîtres ouvriers qui demeureront atta-
» chés à ladite fonderie de N...; et auxquels
» il sera réglé, à compter du premier jan-
» vier dernier, savoir 400 livres par an, à
» chacun des deux premiers, et 300 liv. aussi
» par an, à chacun des deux derniers, par
» forme d'appointement, qui seront à la charge
» de sa majesté, et leur seront payées des fonds
» de l'artillerie. Ces ouvriers ne pourront être
» changés ni remplacés que de l'agrément du
» directeur de l'artillerie de N..., et ils seront
» employés de préférence aux travaux relatifs
» au service du roi, et qui se feront pour le
» compte et aux frais de sa majesté, et il ne
» sera alors payé auxdits ouvriers par jour,
» qu'une augmentation relative aux journées
» ordinaires des ouvriers de leur état. »

384. L'intention du gouvernement dans l'institution de ces quatre ouvriers dans la dépendance du directeur de l'artillerie, ne peut ici se méconnoître : comme il n'y a dans le royaume que deux fonderies en activité, il ne peut y avoir que très-peu d'ouvriers dressés

à ce genre de travail, il faut donc qu'elles puissent se fournir à elles-mêmes; et s'il est de l'intérêt du commissaire des fontes de n'être point communicatif, pour se rendre plus essentiel, il est aussi de celui du roi, pour en rendre le remplacement plus facile, que tous les procédés et manœuvres de la fonderie se perpétuent : il faut donc pour être plus assuré de cette transmission, que les principaux ouvriers par qui elle s'opère, ne soient point étrangers à l'officier attaché à la fonderie, qui doit répondre de leur capacité lorsqu'il en est requis.

« XVI. Tous les ouvrages quelconques re-
» latifs aux fontes de l'artillerie, seront exé-
» cutés sous la direction et conduite du sieur
» Maritz, inspecteur-général des fontes, aux
» instructions duquel le sieur N.... sera tenu
» de se conformer.

» XVII. Le sieur N.... sera exempt de toutes
» les charges publiques et municipales, telles
» que tutelles, curatelles, corvées, logement
» de gens de guerre, et autres généralement
» quelconques, et il jouira de tous les droits
» et priviléges attribués aux manufactures
» royales.

» Ce qui a été agréé et accepté par nous
» pair de France susdit, ministre et secrétaire

» d'état, ayant le département de la guerre » et des affaires étrangères stipulant pour sa » majesté ».

Fait double à Versailles les jour et an ci-dessus.

Signé, le duc DE CHOISEUL.

BERENGER.

(*Voyez* le tableau n° 6).

CHAPITRE V.

Des épreuves extraordinaires qu'on fait subir aux bouches à feu, lorsque des circonstances particulières le réclament.

385. Nous avons vu (377) le peu de confiance que devroit inspirer l'épreuve ordinaire que l'on fait subir aux bouches à feu avant de les recevoir, puisqu'elle ne peut fournir une solide garantie sur leur durée.

Quelque circonstance fortuite dans le service, ou peut-être quelque genre de service inusité, ayant vraisemblablement occasionné des accidens qui avoient pu, sans qu'on s'en fût aperçu, entraîner les dégradations de deux pièces de 8 de campagne, au polygone de La Fère, il en fut rendu compte au bureau de la guerre dans un procès-verbal, et de manière à donner l'alarme sur la foiblesse présumée des pièces de canon de ce système.

Cette seconde coalition contre les pièces de campagne, ne pouvoit s'élever plus à propos pour avoir quelque suite. C'étoit alors que les MM. Poitevin, de retour en France, après avoir

exercé pendant nombre d'années l'emploi de commissaires-généraux des fontes à Vienne en Autriche, vinrent offrir au gouvernement leurs connoissances acquises dans cet art important. Les circonstances ne pouvoient être plus favorables à leurs offres, puisque indépendamment du procès-verbal ci-dessus, les commissaires-généraux des fontes à Douai et à Strasbourg, venoient d'adresser, chacun en leur particulier, au ministre de la guerre, un mémoire tendant à obtenir une augmentation dans leurs bénéfices.

MM. Poitevin, consultés dans ce moment par les bureaux de l'artillerie, tant sur ce qu'on pouvoit répondre de juste aux commissaires des fontes, que sur l'espérance conçue de pouvoir améliorer les bouches à feu, ayant satisfait par leur réponse, au moins dans ce moment, aux vues d'économie du gouvernement, furent institués, pour les mettre à exécution, directeurs des fontes d'artillerie de France, et envoyés en cette qualité, en 1785, à Strasbourg, pour y faire couler, sous leur direction, quelques pièces de campagne, avec ordre de les soumettre ensuite à une épreuve extraordinaire pour en constater la solidité.

Les épreuves des fontes de MM. Poitevin, qui eurent lieu à Strasbourg, d'après ces or-

dres, en 1785, parurent d'autant mieux avoir satisfait à la durée requise, qu'on croyoit ne pouvoir l'évaluer alors qu'à 12 ou 1500 coups que pouvoit exiger le service le plus actif d'une campagne.

Mais ces épreuves n'ayant été ni générales, ni comparatives, M. Dartein, commissaire-général des fontes, s'étant refusé à la comparaison, et au contraire, M. Bérenger, commissaire-général des fontes à Douai, la réclamant, MM. Poitevin se rendirent par ordre, l'année suivante 1786, à Douai, pour faire couler à la fonderie, selon leurs procédés, toutes espèces de bouches à feu, afin de pouvoir les comparer avec d'autres de même espèce et en même nombre, coulées antérieurement par M. Bérenger, à différentes époques.

Destiné à suivre, par ma position, toutes ces différentes opérations de fabrique et d'épreuves qu'annonçoient ces grandes dispositions, je crus que cette destination m'obligeoit à rassembler et à présenter au corps de l'artillerie tout ce qui pouvoit concourir, soit par analogie ou par opposition aux principes reçus, à l'augmentation des connoissances dans la partie des fontes, si essentielle au bien du service, et je ne négligeai rien pour remplir ce devoir.

Dans l'établissement des vérités de la nature de celles dont il est ici question, quelque solides que puissent être les raisonnemens qui les établissent, ils ne paroissent cependant tout au plus que spécieux lorsqu'ils sont absolument dénués du secours de l'expérience. Dans cette persuasion, non moins convaincu que dans de pareilles discussions les faits allégués comme preuves ne forment autorité que lorsqu'ils jouissent de la plus grande publicité, je préviens aussi que les épreuves extraordinaires, faites à Douai en 1786, qui les fournissent, jouissent à juste titre de cette publicité.

Non-seulement ces épreuves ont été consignées avec tous leurs détails, jour par jour, séance par séance, dans un procès-verbal relatif à chaque calibre, signé de tous les officiers-généraux, présidant à ces épreuves ci-dénommés, des officiers du corps qui y ont été employés, et des parties intéressées, MM. Poitevin et MM. Bérenger père et fils; mais dans tout le cours des expériences, on exposoit à chaque séance, en forme de bulletin, à tous les officiers du corps et de la garnison, que l'intérêt ou la curiosité amenoit au polygone, l'état où s'étoient trouvées les bouches à feu en batterie, lors de la dernière visite, qui avoit tou-

jours eu lieu avant de commencer la séance; de manière que par les détails exposés, et dont chacun à volonté étoit à portée de se procurer des copies, sur les lieux mêmes où l'on entretenoit, à cette intention, tout ce qui étoit nécessaire, chacun pouvoit aussi, en toute liberté, suivre toutes ces épreuves dans leurs plus grands détails, et en connoître parfaitement les résultats.

Dans ces épreuves extraordinaires, vingt-neuf bouches à feu, qui n'avoient subi que l'épreuve ordinaire, et dont moitié furent expressément coulées à la fonderie par les MM. Poitevin, furent poussées à bout; je dois à la vérité de dire que ces MM. n'apprirent rien dans l'art de couler les bouches à feu à M. Bérenger, qui pût intéresser le service, auquel même ils se montrèrent inférieurs par des pratiques minutieuses que les connoissances acquises déjà, et même bien auparavant, avoient dû proscrire de l'art en grand. Ces bouches à feu consistoient en dix pièces de gros calibre destinées pour l'attaque et la défense des places, en treize pièces de campagne et six mortiers, dont quatre de 8 pouces et deux de 12 pouces à grande portée.

Indépendamment des frais de fabrication, qui ont dû s'élever à 120,000 livres, on y brûla

environ 120 milliers de poudre, et il y eut environ 38 milliers de fer coulé, cassés ou brisés à la butte.

Ces expériences ayant commencé par le tir des pièces de campagne de 8, je vais entrer seulement, pour ce premier calibre, dans quelques détails, pour donner une idée des précautions et de l'exactitude avec lesquelles on a procédé dans ces épreuves extraordinaires.

L'estime de l'alliage, dans les fontes de MM. Poitevin, a d'abord été faite sur la connoissance des différens métaux, vieux et neufs, qui composoient les charges des fourneaux, et je les ai ensuite rectifiés fonte par fonte, tels que je les donne ici, ayant analysé, plus à loisir, des bûchilles de chacune de ces fontes provenant du polissoir (283).

Je préviens que j'appellerai fouille la dégradation désignée, dans les procès-verbaux, par le terme d'égrainement, qui ne peut lui convenir, puisqu'il est question réellement d'une fouille de matière par la fusion, à raison de la chaleur à laquelle le tir élève les parois extérieures de l'âme des bouches à feu, et qui est entraînée dans le tir par le fluide élastique.

386. Cejourd'hui vingt-troisième jour du mois de mai mil sept cent quatre-vingt-six, nous Commissaires des guerres et du corps royal

de l'artillerie au département de Lille, faisant par interim les fonctions de M. de Mazelaigue, commissaire dudit à celui de Douai, nous sommes rendus au polygone servant aux écoles d'artillerie, à la réquisition de MM. le marquis de Thiboulot, le chevalier de Gomer, commandans de l'ordre royal et militaire de Saint-Louis, et Desalmonts, tous trois maréchaux-des-camps des armées du roi, inspecteurs-généraux de l'artillerie, ayant ordre et charge de faire faire les épreuves ci-après, auxquelles MM. Poitevin ont demandé de faire une épreuve de fonte de la première coulée qu'ils ont faite à la fonderie dudit Douai; en conséquence, lesdits généraux ont appelé MM. Dorbay, brigadier des armées du roi, directeur de l'arsenal; Lamartillière, capitaine en premier, inspecteur de la fonderie; Senecourt, capitaine en second, détaché à ladite fonderie; et Garens, capitaine en second, détaché en résidence à ladite école.

En conséquence de la réquisition de mesdits sieurs Poitevin, directeurs-généraux des fontes de France, il a été conduit au champ d'épreuve deux pièces de canon de campagne du calibre de 8, provenant de ladite première fonte. Apollon, l'une d'elles, avoit un grain de lumière mis à froid, et Jason n'en avoit

point eu. Après avoir subi l'épreuve ordinaire, ces deux pièces ont été conduites au polygone pour y subir l'épreuve extraordinaire.

Comme il étoit nécessaire de faire une épreuve comparative avec d'autres pièces de même calibre, coulées par MM. Bérenger père et fils, commissaires-généraux desdites fontes, pour les deux dernières pièces, on en a choisi deux, l'une coulée le 22 août 1776, à la même époque que celles trouvées défectueuses dans les procès-verbaux de La Fère; et l'autre en 1765, à l'époque la plus rapprochée, n'en ayant pas à Douai de la même fonte que celle de ladite année, trouvée aussi défectueuse à La Fère; l'une et l'autre coulées d'un alliage de 100 parties de cuivre sur 11 parties d'étain, voulues par le règlement;

Cesdites quatre pièces, chargées à gargousses de serge de deux livres huit onces de poudre, et boulet ensaboté.

Eusuite de quoi il a été procédé ledit jour et jours suivans, en la présence de MM. les officiers-généraux ci-dessus dénommés, et autres officiers d'artillerie, de MM. Poitevin et Bérenger, au tir desdites pièces, désignées telles qu'elles le sont ci-après.

État de la situation des pièces

FONDERIE.	FONTE. Numéros.	SIGNALEMENT.	POIDS.
Douai, sous la direction de MM. Poitevin.	1 Alliage... 1	Jason. 8 étain : 100 c. Apollon.	1195 liv. 1185
Douai, sous la direction de MM. Bérenger.	38 Alliage... 236	Le Rigide. 11 étain : 100 c. Le Coq.	1195 1189

Le 23 mai 1786 les quatre pièces ont tiré 150 coups chacune, et au bout de 25 coups on les a fait rafraîchir avec des éponges, et écouvillons mouillés, et à chaque 75 coups, on a rempli les pièces d'eau.

Le même jour après midi, elles ont tiré chacune le même nombre de coups, ce qui fait au total 300 coups chacune.

Nota. L'on a jugé ne devoir faire la visite et vérification de ces quatre pièces, qu'après leur refroidissement, afin d'obtenir les vérifications plus justes ; en conséquence, cela a été exécuté le 24 au matin, avant de commencer le tir; il a été reconnu, à la fin de ladite journée, que la pièce *le Jason*, qui

avant l'épreuve comparative.

ÉPOQUES des fontes.	Situation des pièces à leur réception, avant d'être soumises à l'épreuve de comparaison.
27 avril 1786.	Le calibre trop fort d'un point; cette pièce n'avoit pas en de grain de lumière.
	Le calibre trop fort d'un point et demi; cette pièce avoit un grain de lumière.
5 juillet 1765.	Le calibre trop fort de 2 points; cette pièce avoit un grain de lumière.
20 août 1766.	Le calibre trop fort d'un point; cette pièce avoit un grain de lumière.

n'avoit point eu de grains de lumière; le canal de sa lumière commençoit à s'évaser irrégulièrement.

Vérification réelle, faite le 24 au matin, avant de tirer, avec déduction de la situation des pièces, avant l'épreuve ci-dessus détaillée; savoir :

N° 1. LE JASON.

		lignes.	points.	prismes.
Évasemens....	au fond de l'âme.....	«	1	6 (1)
	au logement du boulet.....	«	5	«
	à 38 pouc. du fond de l'âme.	«	1	«
	à la bouche de la pièce.....	«	«	«

(1) On ne doit pas être surpris de voir présenter avec tant de précision les évasemens que les épreuves ont successivement occasionnés dans l'âme des bouches à feu, puis-

N° 1. APOLLON.

		lignes.	points.	primes.
Évasemens....	au fond de l'âme.....	»	2	»
	au logement du boulet.....	»	3	6
	à 24 pouc. du fond de l'âme.	»	2	6
	à la bouche de la pièce.....	»	1	»

N° 236. LE COQ.

Évasemens....	au fond de l'âme.....	»	1	»
	au logement du boulet.....	»	3	»
	à 18 pouc. du fond de l'âme.	»	1	6
	à la bouche de la pièce.....	»	»	6

N° 38. LE RIGIDE.

Évasemens....	au fond de l'âme.....	»	2	6
	au logement du boulet....	»	3	6
	à 30 pouc. du fond de l'âme.	»	2	6
	à la bouche de la pièce.....	»	1	»

Ensuite on a continué le tir des quatre pièces avec les mêmes précautions et intervalles que ci-dessus.

On s'est aperçu que la lumière de Jason devenoit de plus en plus défectueuse; alors

---

que la machine à tambour (*Fig. 4, pl. X*) dont on s'est servi pour les mesurer, est un micromètre dans lequel la marche de l'index est à celle de la pointe qui mesure l'évasement, comme 72 : 1; c'est-à-dire que cet index parcourt six lignes lorsque la pointe s'élève seulement d'un point.

Les formes des fouilles, et l'ouverture des chambres, ayant été prises par une estampe très-fidèle (*Fig. 7, pl.* V), on a toujours pu en connoître toutes les dimensions avec la plus sévère exactitude et la plus grande vérité.

à la réquisition des mesdits sieurs Poitevin, on l'a supprimée de l'épreuve, pour y mettre un grain de lumière à froid; après avoir tiré 347 coups, cette pièce sera remise à l'épreuve aussitôt que ce grain sera mis.

Après avoir fait tirer aux trois pièces restantes le nombre de 150 coups chacune, dans la matinée, on les a soumises à la visite, et à leur vérification de situation, après avoir observé de les laisser refroidir, ce qui s'est fait l'après-midi, sur les trois heures; et ces pièces avoient alors tiré 150 coups chacune.

Il seroit trop long sans doute, et sans aucune utilité, de rapporter ici des épreuves extraordinaires, séance par séance; ce que je viens d'en présenter doit suffire à l'intention qui m'y a déterminé, de faire connoître les précautions qui y ont été prises, et l'exactitude rigoureuse qu'on y a mise, pour obtenir des résultats concluans; je me bornerai par la suite à un exposé succinct des dégradations progressives de chaque bouche à feu, dans un tableau particulier à chaque espèce de bouche à feu, objet d'une épreuve extraordinaire, suivi des observations auxquelles les particularités qui s'y sont présentées ont pu donner lieu; le tout terminé par le résumé des officiers-généraux qui ont présidé à ces épreuves extraordinaires.

N°. 7.

Résultat *de la dernière visite, établi comparativement avec ceux des autres visites faites à diverses époques, pour constater les dégradations et les dépérissemens successifs que ces pièces ont éprouvés dans leurs tirs, d'abord depuis le 23 mai 1786, jusqu'au 1er juin; et ensuite depuis le 7 juillet jusqu'au 11 du même mois.*

PIÈCES DE CAMPAGNE du calibre de 8 livres.	NOMBRE des coups tirés.	ÉVASEMENS Au fond de l'âme.	Au logement du boulet.	A 30 pouces du fond.	A la bouche.
		points.	points.	points.	points.
Jason, n°. 1, coulé à Douai le 27 avril 1786, du poids de 1195 liv., selon les procédés de MM. Poitevin, d'un alliage de 100 parties de cuivre sur 8 d'étain.	Avant l'épreuve.	1 »	1 »	1 »	1 »
	797	5 »	10 »	4 »	2 6
	1447	5 »	13 6	6 »	5 »
	1749	8 »	15 »	8 »	7 »
	2613	13 »	21 »	12 6	10 6
	2715	13 6	22 »	12 6	11 6
	2900	14 »	23 »	14 6	14 15 »
	3000	15 »	25 6	17 6	14 15 »
Apollon, n°. 1, coulé à Douai le 27 avril 1786, du poids de 1185 liv., selon les procédés de MM. Poitevin, d'un alliage de 100 parties de cuivre sur 8 d'étain.	Avant l'épreuve.	1 6	1 6	1 6	1 6
	750	3 6	7 6	2 6	1 6
	1400	8 6	13 »	7 6	6 6
	2302	13 6	20 »	12 6	9 »
	2615	16 »	23 »	14 »	11 13 »
	2715	16 »	25 6	14 »	12 13 »
	2900	16 »	25 6	15 »	13 14 »
	3000	17 »	27 »	18 »	14 15 »

Observations sur l'épreuve des canons du calibre de 8 de campagne.

Ces deux pièces Jason et Apollon sont sorties de ces épreuves sans avoir perdu leur direction, sans chambres, sans fouilles, et sans autre signe de dépérissement que les évasemens ci-contre, et quelques légers battemens et éraflemens, mais quoiqu'elles ne soient pas rigoureusement considérées, comme hors de service, on doit cependant les regarder comme très-fatiguées et peu propres encore à un service de long cours.

Les deux pièces, le Coq et le Rigide, qui à tous égards vaudroient les deux premières, sont cependant considérées comme hors de service par la nature, le nombre et l'étendue de leurs fouilles, qui, reconnues le 1er juin, ont été trouvées, après 3000 coups ayant été estampillées, sous le groupe A (*Pl. V, fig* 10) pour le Coq, et sous le groupe B, *fig.* 9, pour le Rigide, situés tous les deux à peu près de même au-dessus du logement du boulet, à la hauteur du diamètre horizontal de l'âme, et à la droite de l'observateur, occupant une étendue d'environ le quart de la circonférence, ayant diverses profondeurs, mais dont la plus forte étoit entre trois à quatre lignes. A la fin de l'épreuve, l'affaissement au logement du boulet, étoit, pour le Coq de 30 points, pour le Rigide de 27 points.

En parcourant le tableau ci à côté, on voit que le logement du boulet n'est devenu sensible dans les quatre pièces qu'à la même époque du tir, c'est-à-dire après 300 coups, et que de là jusqu'à la fin de l'épreuve, ce logement s'est presque semblablement approfondi, et que les évasemens des âmes se sont presque trouvés les mêmes dans les quatre pièces.

PIÈCES DE CAMPAGNE du calibre de 8 livres.	NOMBRE des coups tirés.	ÉVASEMENS Au fond de l'âme.	Au logement du boulet.	A 30 pouc. du fond.	A la bouche.
		points.	points.	points.	points.
Le Coq, n°. 236, coulé à Douai le 22 août 1766, du poids de 1189 liv., selon les procédés de MM. Berenger, d'un alliage de 100 parties de cuivre sur 11 d'étain.	Avant l'épreuve.	1 »	1 »	1 »	1 »
	750	3 »	7 »	3 6	2 »
	1400	5 6	12 6	6 »	5 »
	302	10 6	22 »	11 »	8 » / 10 »
	2615	13 »	23 »	13 6	12 »
	2715	13 »	25 6	13 6	12 »
	2900	13 6	26 »	14 6	12 » / 13 »
	3000	14 6	30 »	14 6	13 6
Le Rigide, n°. 38, coulé à Douai le 5 juillet 1765, du poids de 1195 liv., d'un alliage de 100 parties de cuivre sur 11 d'étain.	Avant l'épreuve.	2 »	2 »	2 »	2 »
	750	4 »	7 »	4 »	3 »
	1400	6 6	6 6	7 »	5 6
	2302	10 »	18 »	12 »	9 »
	2615	13 »	21 »	14 6	10 » / 12 »
	2715	13 6	22 »	14 6	12 » / 13 »
	2900	14 6	24 6	15 6	13 » / 14 »
	3000	15 »	25 »	16 »	14 6

On est donc autorisé à conclure que les deux livres d'étain par 100 livres de cuivre, que l'alliage du Coq et du Rigide tient de plus que celui du Jason et d'Apollon (ce qui paroît par l'estime de l'alliage de la première fonte que les MM. Poitevin ont fait à Douai pour la coulée de ces deux pièces), non-seulement étoit inutile à la durée de ces deux pièces, mais même que ces deux livres ont pu y être préjudiciables en y donnant lieu, par un excès d'étain, aux fouilles considérables qui s'y sont présentées dans ces épreuves, de manière qu'il est au moins probable que le bien du service réclame cette réduction d'étain dans l'alliage des fontes qui sont destinées à la coulée des pièces de bataille.

Il est bon d'observer que si on a remis le Coq en batterie le 7 juillet avec les trois autres pièces, malgré les fouilles qu'on y avoit reconnues le 2 juin, ce n'est pas que cette pièce ne fût dès lors regardée comme hors de service, car il seroit dangereux d'accréditer, par un procès-verbal sur lequel tout le corps jettera les yeux, le service d'une pareille pièce, qui donneroit lieu infailliblement à des accidens; mais comme il étoit ordonné de tirer tout le jour possible de ces épreuves, on a voulu connoître quels seroient les progrès de ces fouilles dans la continuation du tir de ces pièces, ce qu'on a pu faire sans danger dans une batterie tranquille, où l'on prenoit toutes les précautions possibles contre tout accident, et où on ne perdoit point de vue un instant les canonniers qui servoient ces pièces, etc.

N°. 8.

387. Résultat *de la dernière visite, établi comparativement avec ceux des visites faites à différentes époques, pour constater les dégradations et dépérissemens successifs que ces pièces ont éprouvés dans leurs tirs, depuis le* 11 *juillet* 1786 *jusqu'au* 19 *du même mois.*

PIÈCES de CAMPAGNE DE 4, servies à boulets ensabotés.	NOMBRE des coups tirés.	ÉVASEMENS							
		Au fond de l'âme.		Au logement du boulet.		A 30 pouc. du fond.		A la bouche.	
		points.		points.		points.		points.	
Danaé, de 4, n°. 6, coulée à Douai le 4 juillet 1786, du poids de 595 liv., avec un grain de lumière, selon les procédés de MM. Poitevin. Cette pièce n'ayant pas subi l'épreuve ordinaire, n'a pas été repassée au forage. Alli. 9,3 ét.: 100 c.	Avant l'épreuve.	2	6	2	6	2	4	2	3
	450	4	6	6	»	5	»	4	»
	1050	6	6	9	»	7	»	7	»
	1400	7	6	9	6	8	»	8	»
	1750	9	»	12	»	12	»	9	6
	2300	12	»	15	»	12	6	13	»
	2800	14	»	18	»	14	6	14	6
	3000	15	»	18	»	15	»	15 16	6 »
Jone, de 4, n°. 5, coulée à Douai le 23 juin 1786, du poids de 606 l., selon les procédés de MM. Poitevin, avec un grain de lumière. Cette pièce n'ayant pas subi l'épreuve ordinaire, n'a pas été repassée au forage. Alli. 8,3 ét.: 100 c.	Avant l'épreuve.	2	6	2	6	2	6	2	9
	450	4	»	6	»	4	6	4	6
	1050	6	6	10	»	6	6	6	6
	1400	8	»	10	»	7	»	7	6
	1750	10	»	12	»	10	»	9	6
	2300	12	6	14	»	11	6	13	»
	2800	14	6	15	6	13	6	14	»
	3000	15	»	19	»	14	»	15	»

Observations sur l'épreuve des canons de campagne, du calibre de 4 livres.

DANAÉ.

Cette pièce est sortie de l'épreuve sans avoir rien perdu de sa direction, et sans autres signes de dépérissement que les évasemens reconnus dans l'âme. Quelques légers battemens et éraflemens, et quelqnes fouilles peu profondes, situées en avant du logement du boulet.

JONE.

Cette pièce avoit été coulée, à dessein, d'une fonte pour laquelle, dans la charge du fourneau, il n'étoit entré que des vieilles bouches à feu; dans la visite faite après 1750 coups, on avoit reconnu quelques légères fouilles à 40 pouces du fond de l'âme, qui avoit moins d'une ligne de profondeur, et qui, depuis cette visite, ne se sont pas étendnes ni approfondies.

LA FOUGUEUSE.

Cette pièce est sortie de l'épreuve sans autre dépérissement que les évasemens désignés, avec quelques légers battemens et éraflemens; mais elle a été jugée hors de service par une fouille de 24 lignes de longueur, 5 de largeur au plus fort, et de 4 de profondeur au plus fort; elle étoit située à 9 pouces du fond de l'âme, à droite de l'observateur, et un peu au-dessus du diamètre horizontal; il y en avoit une autre, un peu en avant de celle-là, qui

PIÈCES de CAMPAGNE DE 4, servies à boulets ensabotés.	NOMBRE des coups tirés.	ÉVASEMENS Au fond de l'âme.		Au logement du boulet.		A 32 pouc. du fond.		A la bouche.	
		points.		points.		points.		points.	
LA FOUGUEUSE, de 4, n° 29, coulée à Douai le 17 juillet 1779, par M. Bérenger, du poids de 604 l., avec grain de lumière, ayant subi l'épreuve ordinaire.	Avant l'épreuve.	1	6	2	»	2	»	2	»
	450	4	»	5	»	5	»	5	»
	1050	5	6	7	»	6	»	7	»
	1400	7	»	8	»	7	»	9	»
	1750	9	»	9	»	9	»	11	»
	2300	11	»	12	6	10	6	11	6
	2800	13	»	15	»	13	»	13	6
Alli. 11 ét.. 100 c.	3000	13	6	15	»	13	»	15 15	» 6
LA FOLETTE, de 4, n° 36, coulée à Douai le 29 janvier 1780, du poids de 603 liv., par M. Bérenger, avec grain de lumière, et ayant subi l'épreuve ordinaire.	Avant l'épreuve.	2	»	2	6	2	6	2	»
	450	4	6	6	6	4	6	5	6
	1050	6	6	9	»	7	»	7	6
	1400	7	6	10	»	7	6	8	6
	1750	9	6	12	»	10	»	10	»
	2300	12	»	16	»	11	6	13	»
Alli. 11 ét.: 100 c.	2500	14	»	19	»	13	6	14	»
L'HABILE, de 4, n° 49, coulée à Douai le 17 juillet 1779, du poids de 603 l., par M. Bérenger, éprouvée les 2 et 3 août 1786, servie à boulet roulant.	Avant l'épreuve.	3	4	3	4	3	4	3	4
	100	3	4	3	4	3	4	4	»
	300	7	6	18	»	5	6	5	»
	420	7	6	22	»	5	6	5	6
	596	8	3	24	»	15	»	16	6
Alli. 11 ét.: 100 c.									

commençoit à se creuser; lorsqu'on s'en est aperçu, on a fait scier la pièce en deux endroits, dont un à 6 lignes de cette dernière fouille; la cassure a montré de l'étain disséminé en particules très-sensibles. Cette pièce avoit conservé sa direction.

LA FOLLETTE.

Cette pièce étoit sortie de l'épreuve sans avoir rien perdu de sa direction, et sans autres marques de dépérissement que les évasemens reconnus, et quelques légers battemens et éraflemens, et elle n'a dû sa condamnation qu'aux fouilles qui se sont ouvertes dans son épreuve, sans lesquelles elle auroit pu rendre encore un bien long service.

L'HABILE.

Cette pièce coulée de la même fonte que la Fougueuse (qui, servie à boulet ensaboté, a tiré 3000 coups) servie à boulet roulant, n'a pu tirer que 576 coups : elle avoit perdu sa direction aux 570 coups, et c'est sans succès qu'on a mis beaucoup de soin à la pointer les cinquièmes coups suivans : enfin le 576e l'a mise absolument hors de service; le boulet s'étant cassé à l'endroit du choc, a éraflé la pièce à vive-arête à plusieurs endroits près de la bouche. Parmi plusieurs battemens considérables, il y en avoit un entre autres, et à un pied de la bouche, qui avoit bossué la pièce à l'extérieur; elle avoit d'ailleurs plusieurs gerçures sur la surface extérieure; l'échelle de l'évasement de son âme, en partant du fond, étoit comme ci-après exprimée en points sur la longueur de l'âme de demi-pied en demi-pied.

A 3 pouces du fond... 8 points..24.. 17.. 12.. 14.. 15.. 19... 24... 16 points à la bouche.

N°. 9.

388. Résultat *de la dernière visite, établi comparativement avec les autres visites faites à différentes époques, pour constater les dégradations et dépérissemens successifs que ces pièces ont éprouvés dans leur tir, depuis le* 16 *juin* 1786, *jusqu'au* 26 *du même mois.*

PIÈCES DE BATAILLE de 12.	NOMBRE des coups tirés.	ÉVASEMENS Au fond de l'âme.		An logement du boulet.		A 32 pouc. du fond.		A la bouche de la pièce.	
		points.		points.		points.		points.	
Rémus, canon de 12, n° 3, du poids de 1810 liv., coulé à Douai le 20 mai 1786, selon les procédés de MM. Poitevin. Alliage, 5,4 : 100.	Avant l'épreuve.	1	6	1	6	1	6	1	6
	150	17	6	21	6	3	»	1	6
	450	19	6	25	6	6	»	4	»
	750	22	»	29	»	20	6	19	»
	916	23	6	32	»	26	»	38 18	»
Romulus, canon de 12, n° 3, du poids de 1793 liv., coulé à Douai le 20 mai 1786, selon les procédés de MM. Poitevin.	Avant l'épreuve.	2	»	2	»	2	»	2	»
	150	8	6	15	»	3	»	2	»
	450	15	6	27	»	6	»	4	»
	750	21	»	34	»	21	»	21 13	»
	916	22	6	36	»	36	6	36 20	»

Observations sur l'épreuve des canons de campagne, de 12.

RÉMUS ET ROMULUS. P.

Ces deux pièces ont été ruinées de la même manière et d'après le même nombre de coups tirés. Déjà seulement après 750, on a découvert des gerçures sur la partie inférieure de la tulipe, qui annonçoient un dépérissement prochain; et en effet, après 50 coups de plus elles ont été l'une et l'autre égueulées sur la lèvre inférieure de la bouche, et cet égueulement ayant fait des progrès, et les gerçures s'étant de plus en plus multipliées et plus ouvertes, et les pièces n'ayant plus de direction après 166 coups tirés dans la dernière séance et 916 en tout, on a cessé de les faire tirer, les regardant comme hors de service.

Le prompt et uniforme dépérissement de ces deux pièces, prouve évidemment que par manque d'étain (5, 4 par 100 livres de cuivre), leur alliage n'avoit ni la compacité ni la dureté nécessaire à la force de ce calibre, et il ne falloit pas moins que cette épreuve pour subjuguer la prévention, qui portant tout à l'extrême, avoit voulu suggérer qu'on pouvoit faire de bons canons avec du cuivre seul.

PIECES DE BATAILLE de 12.	NOMBRE des coups tirés.	ÉVASEMENS Au fond de l'âme.	Au logement du boulet.	A 32 pouc. du fond.	A la bouche de la pièce.
		points.	points.	points.	points.
Le Courtisan, canon de 12, n° 49, du poids de 1783 l., coulé à Douai le 16 juillet 1768, selon les procédés de M. Bérenger. Alliage, 11 : 100.	Avant l'épreuve.	2 6	3 »	3 »	1 »
	150	3 6	7 6	3 »	2 »
	450	7 6	14 »	5 »	4 6
	750	9 »	16 »	7 6	7 »
	950	11 »	19 »	7 6	7 6
	1200	13 »	20 »	11 »	9 »
	1500	15 »	22 6	13 »	10 »
	1980	18 »	25 6	15 »	12 6
	2400	20 »	27 6	16 6	14 » / 14 6
Le Souffleur, canon de 12, n° 49, du poids de 1778 l., coulé à Douai le 16 juillet 1768, par M. Bérenger. Alliage, 11 : 100.	Avant l'épreuve.	2 »	2 6	2 6	1 6
	150	3 6	8 »	2 6	2 »
	450	8 »	16 »	5 »	3 6
	750	11 »	19 6	8 6	8 »
	950	12 »	21 »	11 »	9 »
	1200	13 »	21 »	12 »	12 »
	1500	15 »	24 »	15 »	15 »
	1980	18 »	26 »	17 »	24 » / 26 »
	2400	19 »	28 »	26 6	24 » / 28 »

LE COURTISAN ET LE SOUFFLEUR. Bér.

Ces deux pièces sont sorties de l'épreuve sans autre signe de dépérissement que les évasemens ci-contre, qui ne sont pas assez considérables pour les faire considérer comme hors de service.

Digitized by Google

N° 10.

389. Résultat *de la dernière visite, établi comparativement avec ceux des visites faites à différentes époques du tir de l'épreuve, pour constater les dépérissemens et dégradations successives que ces pièces ont éprouvés par le tir, depuis le 9 juin 1786, jusqu'au 13 du même mois.*

CANONS de siége de 16.	Nombre des coups tirés.	ÉVASEMENS			
		Au fond de l'âme.	Au logement du boulet.	A 60 pouc. du fond.	A la bouche de la pièce.
		points.	points.	points.	points.
Médée, n° 2, du poids de 4170 l., coulé à Douai, le 13 mai 1786, selon les procédés de MM. Poitevin. Alliage, 7,6 : 100.	Avant l'épreuve.	2 »	2 »	2 »	2 »
	50	Éraflement.	à 19 pou. de la bouche, 4 pou. de long, 18 l. de large, 4 l. de profondeur.		
		Battement.	à 69 pouc. reconnu le 9 juin. à 94 reconnu le 16 juillet.		
	Le micromètre à tambour n'ayant pu être introduit dans l'âme, on n'a pu former l'échelle des évasemens.				
La Sirène, n° 2, du poids de 4180 l., coulé à Douai, le 13 mai 1786, selon les procédés des Poitevin.	Avant l'épreuve	1 »	1 »	1 »	1 »
	75	4 »	12 »	1 6	2 »
	250	8 »	15 »	5 »	5 »
	468	13 »	28 »	21 »	31 6 / 16 6
L'Impitoyable, n° 4, du poids de 4128 liv., coulé à Douai, le 16 juillet 1774, par M. Bérenger. Alliage, 11 : 100.	Avant l'épreuve.	4 »	3 6	3 6	3 6
	75	5 »	12 »	3 6	4 »
	250	10 »	15 »	7 »	6 »
	430	14 »	27 »	16 »	38 6 / 43

Observations sur l'épreuve des canons du calibre de 16, de place.

MÉDÉE, des P.

Au 50e coup le boulet ayant été cassé dans la pièce, elle a été examinée de suite, et on y a reconnu des éraflemens à vive-arête considérables, qui ont fait douter qu'on pût y introduire un autre boulet de calibre; et en effet, ce n'est qu'à grands coups de refouloir qu'on parvint à placer, après cet événement, un boulet sur la poudre, qui sortit, comme le précédent, en éclats. Cette circonstance ayant fait juger cette pièce hors de service, elle fut ramenée à l'arsenal.

LA SIRENE, des P.

Au 468e coup, cette pièce a été égueulée par un coup de boulet, qui a frappé sur la lèvre inférieure de la bouche, et y a occasionné, à l'endroit du choc, plusieurs gerçures considérables, dont les unes intérieures, et les autres extérieures; et comme on en a reconnu plusieurs autres à la vérité moins considérables, situées tant sur la tulipe que sur la volée, la pièce a été jugée hors de service.

L'IMPITOYABLE, Bér.

Au 425e coup la pièce a été égueulée par un battement si violent, que la bouche en a été déformée; elle a perdu, par cet accident, sa direction, de manière qu'elle a égaré de suite cinq boulets, malgré qu'on ait mis la plus grande attention à la pointer, ce qui a déterminé à la regarder comme hors de service.

LA CONSTANTE, Bér.

Au 80e coup de la dernière séance, et le 710e de l'épreuve, on s'est aperçu que la pièce n'avoit plus de direction, et on s'en est encore plus assuré par les écarts

CANONS DE SIÉGE de 16.	NOMBRE des coups tirés.	ÉVASEMENS Au fond de l'âme.	Au logement du boulet.	A 60 pouc. du fond.	A la bouche de la pièce.
		points.	points.	points.	points.
La Constante, n° 8, du poids de 4128 liv., coulée à Douai, par M. Bérenger. Alliage, 11 : 100.	Avant l'épreuve.	2 »	2 »	2 »	2 »
	75	4 »	10 »	1 6	2 6
	250	7 »	15 »	5 »	4 6
	475	9 »	21 »	13 »	12 6
	720	12 »	37 »	31 »	42 » / 28 »
Pallas, n° 5, du poids de 4230 l., coulée à Douai, le 23 juin 1786, selon les procédés des MM. Poitevin. Alliage, 8,3 : 100. L'épreuve a duré depuis le 1er jusqu'au 31 août.	Avant l'épreuve.	» »	» »	» »	» »
	70	4 »	6 6	3 »	2 6
	250	7 6	15 »	» »	» 6
	500	9 »	20 »	» »	5 »
	750	11 »	24 »	» »	» 6
	825	13 »	25 »	» »	15 » / 21 »
Bellone, n°. 5, du poids de 4210 l., coulée à Douai, le 23 juin 1786, selon les procédés des MM. Poitevin. Alliage, 8,3 : 100.	Avant l'épreuve.	» »	» »	» »	» »
	70	3 »	9 »	3 6	3 »
	250	10 »	15 »	4 »	4 »
	500	12 »	20 »	5 6	5 6
	750	15 »	22 6	6 »	5 6
	1280	19 »	24 »	7 »	8 6
	1600	19 »	24 »	7 »	8 6
	2100	21 6	30 »	9 »	8 3
	2300	23 »	32 6	12 »	9 »
	2690	24 3	33 3	15 »	9 »
	2940	25 »	34 »	15 »	12 »
	3060	27 »	35 »	23 »	11 »
	3200	27 1	35 »	23 »	12 » / 10 »
	3350	27 6	37 »	23 »	48 » / 17 »
	3400	28 6	40 6	26 »	57 » / 20 »

des dix coups suivans. A cette époque l'égueulement des coups précédens s'étoit agrandi, ainsi que les gerçures qu'on avoit précédemment reconnues à l'extérieur, depuis l'astragale du colet jusqu'au second renfort; on en a découvert même de plus fortes sur la tulipe, et la pièce a été jugée hors de service.

PALLAS, des P.

Cette pièce, au 817e coup, n'avoit plus de direction; pour essayer s'il seroit possible de corriger ses grands écarts, on l'a fait tirer les 8 derniers en enveloppant les boulets d'un sac à terre. Les quatre derniers ont même été tirés avec la précaution de placer, au moyen de plusieurs bouchons mis entre la poudre et le boulet, ce mobile hors de son logement; mais le tout a été sans succès : quatre de ces boulets ont passé de plein fouet au-dessus de la butte, l'âme étoit pleine de battemens, mais sans éraflement; et la pièce avoit à l'extérieur quelques gerçures peu ouvertes.

BELLONE, des P.

Cette pièce dont la ruine après 3350 coups étoit annoncée par un grand nombre de gerçures à l'extérieur, et par un égueulement considérable sur la lèvre supérieure, avoit perdu sa direction; et pour s'en assurer encore mieux, on l'a fait tirer encore 50 coups avec une attention scrupuleuse à la pointer; mais tout a été sans succès, le logement de la poudre étoit rempli de fouilles considérables, la plus grande avoit 30 lignes de long, 7 de large et 4 et demie de profondeur; les autres situées à l'entour de celles-ci, qui avoient été reconnues après 1840 coups, étoient bien moins prononcées qu'alors, parce que depuis cette époque du tir, ces fouilles ayant été taries, le logement de la poudre s'étoit considérablement plus évasé, l'égueulement avoit 37 points de profondeur et une bavure de 3 lignes et demie de saillie sur la tranche de la bouche : la volée et la tulipe étoient à l'extérieur pleines de gerçures, effet des battemens qui tapissoient les parois de l'âme.

Échelle de l'évasement de l'âme, en partant de la culasse, et de 6 pouces en 6 pouces au fond de l'âme, 28 points 28.... 40... 33... 37... 8... 14 .. 21... 20... 20... 14... 11... 20.... 26... 32... 57 à la bouche.

N° 11.

390. Résultats *de la dernière visite, établis comparativement avec ceux des visites antérieures, à différentes époques du tir, pour constater les dégradations et dépérissemens successifs, depuis le 9 juin jusqu'au 13 dudit mois.*

CALIBRE de 24.	Nombre des coups tirés.	ÉVASEMENS. Au fond de l'âme.	Au logement du boulet.	A 60 pouc. du fond.	À la bouche de la pièce.
	Avant l'épreuve.	points.	points.		
Hercule, n° 5, du poids de 5720 l. coulé à Donai, le 25 juin 1786, selon les procédés de MM. Poitevin. Alliage : 8,3 étain, 100 cuivre.		1 6	1 6	1 poi. 6′ de là 1 p. 6′.	
	70	6 6	31 »	5 »	4 »
	120	11 6	40 6	7 6	7 »
	145	11 6	45 »	8 6	8 »
	175	Le micromètre n'a pu être introduit, à cause des éraflemens.			9 »
Jupiter, de la même fonte que ci-dessus, du poids de 5730 livres.	Avant l'épreuve.	1 6	1 6	1 6	à 1 p. 6′.
	37	5 6	25 »	10 »	» »
Le Fameux, n° 19, du poids de 5670 l. coulé à Donai le 18 janvier 1783, par M. Bérenger. Alliage, 100 : 11.	Avant l'épreuve.	2 »	2 »	2 »	2 6
	37	5 »	25 »	5 »	
Le Rayonnant, n° 18, du poids de 5710 liv., coulé le 14 décembre 1782, par M. Bérenger, à Donai. Alliage, 11 : 100.	Avant l'épreuve.	1 6	1 6	1 6	2 6
	70	6 »	25 »	6 »	3 6
	120	Le micromètre n'a pu être introduit à cause des éraflemens.			

Observations sur l'épreuve des canons du calibre de 24, de place.

HERCULE.

Au 165e coup, cette pièce a commencé à perdre sa direction; à cette même époque, on a aperçu des gerçures sur sa volée; aux 168, 173 et 174es coups, les boulets ayant été cassés dans la pièce, y ont causé des éraflemens qui ont mis la pièce hors d'état de pouvoir tirer davantage.

JUPITER.

Cette pièce a commencé d'égarer son boulet au 30e coup, et a été hors de service le 37e coup, à cause des éraflemens qu'y ont occasionné les 35 et 37es boulets cassés dans la pièce, le dernier ayant de plus frappé sur l'extrémité de la tulipe, a égueulé et déformé la bouche par une dilacération de métal à vive-arête, d'environ 9 lignes de large sur 6 de profondeur; et sur environ le tiers de la circonférence de la bouche, l'âme étoit pleine de battemens considérables, et la volée pleine de gerçures à l'extérieur.

LE FAMEUX.

Cette pièce a été ruinée positivement de la même manière que la précédente après 37 coups, par les éraflemens occasionnés par les 35e et 37e boulets cassés dans la pièce, et l'âme étoit si délabrée, qu'il n'a pas été possible de former, comme dans aucune de ces quatre pièces, l'échelle de leurs évasemens définitifs, n'ayant pu sonder que quelques battemens, dont un dans cette pièce, de 21 points de profondeur à 29 pouces de la bouche, un de 56 points à 51 pouces de la bouche, et un de 19 points à 53 pouces, et plusieurs autres considérables, avec une infinité de petites gerçures à l'extérieur.

LE RAYONNANT.

Cette pièce, après 110 coups, avoit tellement perdu sa direction, qu'à peine dans les 10 coups suivans, a-t-on pu en placer un dans la butte; la pièce étoit alors pleine de battemens et de gerçures à l'extérieur qui annonçoient un entier dépérissement.

A en juger par le grand étonnement que manifestèrent les quatre officiers-généraux d'artillerie qui présidoient et faisoient ces épreuves extraordinaires et comparatives, sur les prompts dépérissemens des pièces en général de gros calibre, destinées à l'attaque et à la défense des places; mais surtout sur la ruine si prochaine et si complète des pièces de 24, qui jadis avoient joué les principaux rôles de destruction dans les siéges nombreux et considérables qui avoient eu lieu dans les guerres de Flandre, que ces mêmes officiers avoient faites en qualité d'officiers supérieurs d'artillerie; il y auroit lieu de croire, qu'alors ces pièces n'étoient pas si foibles, et qu'elles auroient bien pu avoir été abâtardies depuis cette époque dans leur construction.

L'introduction exclusive du forage n'étant postérieure que de quelques années à cette guerre, je renvoie sur cette innovation à ce que j'en ai déjà dit (260); je ferai seulement observer ici que dans les guerres de Flandre, et surtout dans les grands siéges qui s'y sont faits, les pièces de 16 et de 24, préludant pour ainsi dire toujours par le service du tir à ricochet, le boulet, loin de nuire à la pièce, ne faisoit que damer les parois de son âme; ce qui rendoit alors la pièce susceptible, par ce préliminaire, d'une plus forte résistance et d'une plus longue durée dans les services subséquens des contre-batteries et des batteries de brèches; ce dernier surtout n'exigeant pas une grande precision, ni

une charge complète, pouvoit bien donner lieu à une plus longue existence.

Les trois officiers-généraux qui avoient présidé à ces épreuves, avant de se séparer exposèrent, dans un procès-verbal destiné à être adressé au ministre de la guerre, leurs opinions sur les résultats de ces épreuves extraordinaires, qui à l'unanimité certifioient que le service des pièces de campagne étoit très-assuré, et pour une durée au-delà de toute espérance; mais que celle des pièces de 16, et surtout de celles de 24, étoit à leur grand étonnement très-insuffisante pour le service auquel elles étoient destinées.

D'après ce rapport, la fabrication de ces deux derniers calibres fut suspendue jusqu'à nouvel ordre, et ne fut reprise, par force majeure, qu'à la révolution, telle qu'elle étoit auparavant.

N° 12.

391. Rusultat *de la dernière visite, établi comparativement avec ceux des visites faites à différentes époques, pour constater les dégradations successives que ces mortiers ont éprouvées par leurs tirs.*

MORTIER de 8 pouces, à chambre cône tronqué, selon la forme et les dimensions de M. Gomer (a).	NOMBRE de coups.	ÉVASEMENS A la bouche. DIAMÈTRES. vertical.	horizon.	A la naissance de la partie sphérique. DIAMÈTRES. vertical.	horizon.
		points.	points.	points.	points.
N° 3, allia. 5,4 : 100, coulé le 20 mai 1786, selon les procédés de M. Poitevin, sans masse de lumière, du poids de 581 liv. (a).	155	1 »	3 »	» »	» »
	355	5 »	6 »	2 »	3 »
	505	16 »	8 »	9 »	3 »
	600	17 »	8 »	10 »	3 »
N° 2, 7,6 : 100, coulé le 13 mai 1786, selon les procédés de M. Poitevin, sans masse de lumière, du poids de 590 liv. (a).	155	1 »	2 »	» »	» »
	355	3 »	4 »	2 »	2 »
	500	4 »	6 »	7 »	7 »
	600	6 »	7 5	5 »	5 »
N° 17, à chambre cylindrique, coulé en 1775, par M. Bérenger, du poids de 599 l. avec masse de lumière, ayant été éprouvé et repassé selon l'ordonnance. All. 11 : 100.	155	20 »	9 »	» »	» »
	330	29 »	18 »	» »	» »
	500	48 »	23 »	12 »	8 »
	600	64 »	27 »	27 »	27 »
N° 49, à chambre cylindrique, coulé en 1781 par M Bérenger, du poids de 622 liv. avec masse de lumière, ayant été éprouvé et repassé selon l'ordonnance.	141	10 »	3 »	» »	» »
	353	18 »	7 »	» »	» »
	480	26 »	17 »	4 »	» »
	600	40 »	30 »	28 »	» »

Dégradation des tourillons, après 600 coups des mortiers de 8 pouces.

TOURILLON	DE DROITE.						A GAUCHE.					
	ploiement.		arrachem.		refoulem.		ploiement.		arrachem.		refoulem.	
	liv.		liv.		liv.		liv.		liv.		liv.	
No 3.	6	«	5	«	4	«	4	«	4	«	3	«
2.	5	«	3	«	4	«	3	«	2	«	3	«
17.	5	6	«	4	3	«	2	«	«	3	3	«
49.	2	6	«	«	2	«	3	«	«	«	2	«

Observations sur les mortiers de 8 et de 12 pouces à grande portée.

Les dégradations qu'ont éprouvées les deux mortiers, n°s 3 et 2, dans leurs tirs, ont été de même nature, et les ont conduits du même pas au dépérissement ; ce n'est qu'après le cent cinquante-cinquième coup que l'évasement a été perceptible sur la longueur de l'âme. A cette époque, il a encore été imperceptible à la bouche, et ce n'est qu'après le deux cent cinquantième coup qu'on a reconnu un évasement à la naissance de l'arc sphérique de l'âme. Ces évasemens des deux extrémités du cylindre de l'âme se sont successivement accrus uniformément sur toute la longueur du cylindre, et se sont trouvés au dernier et six centième coup, comme dans le tableau ci-contre.

On a découvert au cinquante-septième coup un arrachement à chaque tourillon sur leurs parties inférieures et à la jonction des embases, qui leur avoient occasionné un ploiement ; le métal au-dessous des tourillons avoit été refoulé, et il s'étoit formé une gerçure sur les tourillons de droite dans la partie supérieure, et à un pouce de l'embase dans le mortier n° 3, qui n'a pas sensiblement augmenté dans le reste du tir de ce mortier : les progrès de cette dégradation commune n'ont été sensibles qu'au trois cent cinquante-cinquième coup, et de là, étant devenue plus rapide, cette dégradation, à la fin du tir, s'est trouvée comme ci-dessus (a).

Les dégradations qu'ont éprouvées les deux mortiers, n°s 17 et 49, dans cette épreuve, sont de même espèce, et les ont conduits de même au dépérissement.

Ce n'est qu'après le cent dixième coup, que l'évasement à la bouche est devenu perceptible. A cette même époque, cet

évasement diminuoit en avançant vers le fond, et se réduisoit à rien à la naissance de la partie sphérique de l'âme. Cet évasement s'est ensuite successivement accru, dans les deux mortiers, jusqu'à la fin de leur tir, ainsi que l'indique le tableau ci-contre. Après trois cent trente coups, on s'est aperçu d'un évasement, dans l'un et l'autre mortiers, à environ 5 pouces et demi de la bouche, et dans le sens vertical, effet du battement de la bombe : le logement de la bombe a commencé à être bien sensible dans les deux mortiers après deux cent cinquante coups, et s'est dans la suite moins approfondi qu'allongé, en poussant un bourrelet peu à peu vers la bouche.

Au cent dixième coup, on a aperçu au n° 49 un commencement d'égueulement, et un au n° 17 après cent cinquante-cinq coups, l'un et l'autre sur la lèvre supérieure; ces égueulemens se sont graduellement élevés jusqu'à la fin du tir. Après cent quatre-vingt-neuf coups, on s'est aperçu que l'orifice de la chambre du n° 17 s'égrenoit : cet égrenement s'est ensuite étendu sur toute la demi-circonférence supérieure. A cette même époque, l'arête du même orifice dans le n° 49, a commencé à s'arrondir, et cet arrondissement, qui s'opéroit par le passage du fluide dans la partie supérieure, s'est accru jusqu'à la fin. La partie sphérique de l'âme du même mortier a commencé en même temps à se grener légèrement; mais cet égrenement ne s'est pas considérablement approfondi dans la suite. Au soixante cinquième coup, on s'est aperçu que les tourillons étoient pliés et que le métal en dessous étoit un peu refoulé. Cet accident aux tourillons s'est à peu près maintenu le même jusqu'au trois cent cinquante-cinquième coup, où les progrès, depuis cette époque, devenant de plus en plus rapides, les dégradations ont été portées au point indiqué ci-dessous.

On ne doit pas être surpris, dans l'épreuve de ces 4 mortiers, du ploiement de leurs tourillons, ni des arrachemens qui s'y sont formés à la jonction de leurs embases, parce que ces mortiers ont toujours tiré avec des charges inusitées dans le service, et qu'en outre, pour obvier à un trop grand recul, on avoit aussi donné aux plates-formes une pente inusitée; mais ces mêmes dégradations présentent dans leur différence une vérité qu'il faut faire connoitre, qui est que l'étain, non-seulement durcit le cuivre, mais il augmente aussi sa tenacité, du moins étant allié dans le rapport en usage dans les fontes de l'artillerie, puisque les arrachemens des tourillons des mortiers de M. Bérenger étoient bien moins considérables que ceux des tourillons des mortiers de M. de Gomer, quoique ceux-ci fussent coulés d'un alliage moins chargé d'étain, et quoique moins tiraillés par l'effort de la charge, comme le certifie l'infériorité de leurs portées.

L'expérience a rigoureusement démontré dans ces épreuves, ce que la théorie avoit présenté d'avantageux dans l'établissement de la nouvelle forme de mortier, puisque dans ces deux nouveaux mortiers, il n'y a eu aucun affaissement de métal au logement de la bombe, ni par conséquent aucun battement sur les parois de l'âme, ni égueulement à la bouche, ces causes de dépérissement ne pouvant avoir lieu qu'à la suite de cette première dégradation.

On ne doit pas être surpris aussi, si malgré la plus grande surface que la bombe, dans ces nouveaux mortiers, présentoit à l'action du fluide élastique, dans l'effort primitif qui déplace le mobile, sa portée a été constamment plus courte que celle des anciens, puisque, par le vide qui restoit entre ce mobile et la charge dans ces nouveaux mortiers, ce vide étoit au volume de la charge, comme 3 : 5, le ressort du fluide ne pouvoit être, dans cet effort primitif,

que les $\frac{5}{8}$ de ce qu'il auroit été, si ce vide n'avoit pas existé, comme dans les anciens mortiers.

C'est à cette même diminution du ressort du fluide élastique, dans l'effort primitif, et à la moindre quantité d'étain qui se trouvoit dans l'alliage des nouveaux mortiers, qu'on doit rapporter la conservation de leurs lumières, à laquelle la nouvelle position de ces mêmes lumières ne peut avoir contribué, puisque les fluides élastiques et corrosifs ne pressent ni ne corrodent les surfaces des capacités qui les contiennent, en raison des hauteurs des colonnes, comme les fluides liquides; mais ils exercent une pression et une corrosion uniforme sur ces mêmes surfaces, en raison de leurs ressorts et de leurs causticités, deux qualités essentiellement dépendantes, quant à leur énergie, de leurs densités.

Dans le mortier de M. de Gomer, il y a à 3 lignes au-dessous de la jonction de la partie cylindrique de l'âme avec celle du cône tronqué, une cavité ressemblant assez bien au logement de la bombe, qui a 13 points de profondeur au plus fort, et qui règne sur une étendue de 90 degrés : la partie cylindrique de l'âme est légèrement éraflée en-dessus par le traînement de la bombe.

Dans le mortier de M. Bérenger, l'enfoncement au logement de la bombe est de 31 points au plus fort, sur une étendue de 160 degrés : il y a un petit égueulement sur la lèvre inférieure, qui a 8 points de profondeur et 18 points de saillie sur le plan de la bouche.

392. On a fait tirer, par comparaison, à la fin de ces épreuves, deux mortiers de 12 pouces à grande portée : l'un selon la forme et les dimensions données par M. le chevalier de Gomer, et l'autre d'ancienne forme, à chambre cône tronqué, selon les dimensions proposées, il y avoit déjà quelques années, par M. Bérenger. Ils ont tiré douze coups

chacun, à chambre pleine, contenant 11 livres et demie de poudre : celui de M. de Gomer a eu constamment la supériorité de portée, quoique le diamètre de son âme fût de 18 points plus fort que celui de l'âme du mortier de M. Bérenger.

Le logement de la bombe s'étant déjà sensiblement approfondi dans le mortier de M. Bérenger, au neuvième coup, il a cassé sa neuvième, onzième et douzième bombe, et il auroit infailliblement cassé toutes les autres, si on avoit continué à le faire tirer, parce que le rétrécissement de son calibre ne permettoit plus à la bombe de sortir du mortier sans toucher les parois de l'âme; inconvénient qui n'eût pas manqué d'ailleurs d'accélérer la ruine du mortier.

Il résulte donc évidemment de cette dernière épreuve, que la trop grande précision dans le calibre du mortier est préjudiciable au service, et que c'est de l'effort primitif, qui déplace la bombe, que dépend la portée de ce mobile, puisque, dans cette épreuve, les charges et les bombes étant parfaitement égales dans les deux mortiers, la supériorité de portée a été pour le mortier de M. de Gomer, dans lequel s'est trouvé le plus grand effort primitif, par une plus grande surface que la bombe présentoit à l'effort du fluide élastique, dans ce premier instant de pression, parce que, à densité égale, les pressions que les fluides élastiques exercent sur les corps en prise à leur action ou expansion, sont comme les surfaces pressées.

---

393. On ne peut se dispenser de reconnoître, d'après l'exposé des résultats de ces épreuves, 1°. que quoique les épaisseurs des pièces de canon soient, par les règlemens, proportion-

nelles aux diamètres des boulets, la résistance diminue cependant à mesure que le calibre augmente. Cette vérité, bien sensible par la comparaison de la durée des pièces de campagne à celle des pièces de place, n'est pas moins évidente par la comparaison de la durée de ces pièces entre elles; car si l'effort destructif avoit été le même, d'abord dans les deux différens calibres de 4 et de 8, les dégradations auroient dû être bien mieux marquées dans les pièces de 4 que dans celles de 8 à même nombre de coups, à raison du plus grand degré de chaleur auquel le métal a dû s'élever dans les pièces de 4, puisqu'elles ont tiré, en onze séances, les 3000 coups que les pièces de 8 n'ont tiré qu'en 18; et malgré ce désavantage, les pièces de 4 n'ont éprouvé constamment, à même nombre de coups, qu'un moindre affaissement au logement du boulet; ce qui dénote incontestablement une moindre pression sur le mobile de la part du fluide élastique; tandis qu'à la vérité, l'évasement de l'âme au logement de la poudre s'est toujours trouvé, à même nombre de coups, plus sensible dans les pièces de 4 que dans celles de 8, parce que cette dégradation est l'effet de l'oxidation du métal que la chaleur favorise.

2°. Cette infériorité de résistance du calibre de campagne de 12 sur celui de 8, n'est pas moins bien marquée, puisque après 250 coups seulement, l'affaissement du métal, au logement du boulet, dans les pièces de 12, étoit déjà de 6 points 6 prismes dans le Souffleur; et de 6 points dans le Courtisan, lorsque cet affaissement, après 300 coups, n'étoit encore, dans les pièces de 8, que de 3 points 6 prismes dans le Rigide, et de 3 points dans le Coq.

Il est donc très-évident que dans notre système actuel de fabrication, qui ne comprend que les individus, coulés à différentes époques par M. Bérenger, et éprouvés en 1786 à Douai, même avec les défauts de combinaison qui se rencontrent dans l'alliage, et qui donnent lieu à ces fouilles destructives dans le tir, la durée des pièces de campagne est néanmoins fort au-dessus de ce que peut exiger un service de guerre des plus actifs, puisque cette résistance exigible n'avoit été évaluée à Strasbourg, en 1785, qu'à 12 ou 1500 coups, comme devant suffire, par cette durée, au service d'une campagne des plus actives.

Il n'est pas moins évident que dans les pièces de 16 et de 24 destinées à l'attaque et à la défense des places, la résistance est fort

au-dessous de celle que peut exiger le service qu'on doit en attendre, puisque le peu de durée de ces quatre pièces toutes coulées à la fonderie de Douai, selon le système actuel de fabrication, mais à diverses époques, et prises sans choix pour les expériences de 1786, parmi les pièces neuves de ces deux calibres existant en approvisionnement dans l'arsenal de cette place, impliquent nécessairement dans le même résultat tous les individus de ces deux calibres avec d'autant plus de raison, que l'augmentation de l'affaissement du métal, au logement du mobile, à raison de l'augmentation du calibre, après un même nombre de coups tirés dans le calibre de 24 sur celui qui a eu lieu dans le calibre de 16, est très-bien marqué; et l'uniformité de ce même affaissement de métal, si bien prononcé dans le calibre de 24 après un même nombre de coups sur chaque individu, prouve bien évidemment que cette dégradation primitive, et la source de toutes les autres, est l'effet d'une cause constante qui croît avec le calibre.

394. La cause du dépérissement des bouches à feu étant bien connue, voyons comment, par ses effets, de plus en plus pernicieux, à mesure que le calibre augmente, elle accélère progressivement la ruine des gros calibres.

Ce détail, d'ailleurs, ne sera pas perdu pour l'instruction, ne fût-ce qu'en faisant connoître les expressions techniques de l'art, applicables aux diverses espèces de dégradation, qui ont ordinairement lieu vers la fin de la durée des bouches à feu.

La poudre enflammée attaque le métal par l'action corrosive de toutes ses parties constituantes devenues libres par l'explosion ; et quoique cet effet ne devienne bien sensible que dans le cours d'un long service, néanmoins, après un même nombre de coups tirés dans une même séance, il est bien plus marqué dans les gros calibres, à raison d'un plus grand degré de chaleur qu'éprouve le métal par une plus forte charge, et surtout par une plus grande longueur d'âme dans laquelle le fluide élastique reste plus long-temps.

Il y a des circonstances très-fréquentes à la guerre, qui exigent beaucoup de célérité dans le service, surtout dans les pièces de bataille. Or, lorsque le feu se soutient ainsi assez long-temps, le métal des pièces s'échauffe si fort, qu'il n'est presque plus possible, même à l'extérieur, de tenir la main dessus ; et si, dans cette circonstance, le métal des bouches à feu qui l'éprouve n'est pas bien homogène dans son alliage, c'est-à-dire que si sur

quelques parties des parois de l'âme l'étain se trouve plus abondant, il arrive alors que cette partie se trouvant plus fusible et étant de plus en plus disposée à la fusion par la chaleur qui s'y accumule d'un coup à l'autre, se fond enfin peu à peu à l'explosion des charges suivantes, et d'autant plus vite, que l'étain s'y trouve dans un plus grand rapport; et dans cet état de fluidité, étant entraîné par l'expansion du fluide élastique, il laisse un vide (fouille) qui s'agrandit à chaque coup jusqu'à la consommation du volume de ce métal disproportionné.

Il est à observer que si, dans les épreuves extraordinaires de 1786, ces fouilles ne se sont montrées que vers le fond de l'âme, c'est-à-dire aux environs du logement du boulet, et plus fréquemment, un peu en avant de ce logement dans les pièces de campagne, cependant, de cette non-apparition ailleurs, on ne peut pas en conclure que ce n'est que dans ces parties des pièces que se rencontrent ces agrégés d'étain; mais que c'est là où la poudre enflammée, agissant avec une plus grande intensité de chaleur et plus long-temps sur le métal, y opère avec d'autant plus d'efficacité la fusion de cette matière, que le fluide élastique enflammé qui s'échappe par

le vent du mobile, ayant la même activité que le dard de la lampe de l'émailleur, doit opérer avec plus de facilité la fusion de la matière sur laquelle ce dard est dirigé.

Et si dans les autres pièces ces fouilles ne se sont pas présentées dans ces épreuves, on ne peut pas conclure aussi qu'elles n'en sont pas susceptibles; mais on peut attribuer cette différence à un service plus lent et bien moins long-temps soutenu.

C'est une vérité bien connue dans les laboratoires de chimie, que dans presque toutes les substances qui, coulées dans des moules, passent par refroidissement de l'état de fluide à celui de solide, leur masse se trouve moins dense et plus poreuse en approchant de l'axe du volume, et d'autant plus que le volume est plus considérable. Les canons coulés pleins doivent donc par cette loi avoir à leur surface extérieure plus de densité que sur les parois de leur âme, qui avoisine plus l'axe de la masse dans la coulée; et cette diminution de densité et de force doit s'aggraver, à mesure que le calibre augmente; il s'ensuit donc qu'à pression égale de la part du fluide élastique, l'affaissement du métal au logement du boulet, ou par les battemens de ce mobile sur les parois de l'âme, doit être, à proportion

de cette circonstance, plus profond dans les pièces de place que dans les pièces de campagne.

395. Nous avons vu que l'action du fluide élastique dans le tir, qui presse d'abord le boulet sur la partie supérieure, avant que ce mobile soit sensiblement ébranlé, étoit comme le carré du diamètre du boulet, à densité égale; il doit donc en résulter sous son point d'appui, après un même nombre de coups, un affaissement de métal d'autant plus prompt et plus profond, que le calibre est plus considérable; et lorsque cet affaissement devient sensible, le mobile entraîné par l'expansion du fluide élastique ne peut plus l'être selon une direction parallèle à l'axe de l'âme, mais selon la tangente à la courbure que prend cet affaissement; ce qui doit le faire bondir vers la partie supérieure de l'âme qui frappe plus ou moins près de la bouche selon la profondeur du logement; ou, ce qui est le plus ordinaire, ainsi que le manifeste l'observation, sans se frayer, à la faveur de cette même pression supérieure, qui l'attère encore dans le premier instant de son mouvement, un plan incliné dans le vif de la matière, en partant du logement qui s'élève en allant vers la bouche; circonstance qui retarde d'autant plus

la ruine de la pièce, que ce plan est plus ou moins long et régulier; ce qu'on observe par l'échelle de l'évasement de l'âme, que présente le micromètre à tambour dans la vérification.

Le mobile, dans ce second cas, dirigé plus tardivement, mais de plus en plus vers les parois de la partie supérieure de l'âme, à mesure que le plan incliné prend de l'élévation, commence par atteindre et frapper ces parois, d'abord à l'extrémité de la tulipe vers la bouche, et ensuite plus près du fond de l'âme, lorsque par une continuation du tir, l'affaissement au logement du boulet s'approfondit encore; de manière qu'on peut préjuger à peu près l'époque de la ruine complète de la pièce par les progrès de cet affaissement, ou de l'élévation du plan incliné qui s'établit.

Dans les épreuves de 1786, on a été obligé, à raison de l'élévation de ce plan incliné formé ainsi sur les parois des âmes des pièces de 16 et de 24, de pointer les pièces à 50 toises de la batterie, pour diriger le coup dans la butte, qui en étoit à 250.

Cette dernière observation est d'autant plus essentielle à faire ici, qu'elle semble fournir un indice certain de quelque changement opéré dans la fabrication des bouches à feu,

depuis l'introduction du forage, puisque avant cette époque, leur ruine s'annonçoit, pour ainsi dire, d'une manière diamétralement opposée à celle-ci, par de plus grands degrés d'élévation qu'il falloit donner aux pièces sur la fin de leur durée, pour faire arriver le coup dans le but, même dans le cas de brèche, où il étoit très-rapproché, à cause de la courbure qui se manifestoit dans la volée des pièces de haut en bas, lorsqu'elles avoient à soutenir, pendant quelque temps, un service vif; effet que la chaleur, accumulée dans le métal, favorisoit d'autant plus, que l'alliage contenoit plus de métaux blancs.

396. Les battemens du boulet sur les parois de l'âme y occasionnent divers effets : lorsque le mobile résiste à ces chocs sans se casser, il laisse seulement à l'endroit du choc, par l'imperfection du ressort de la fonte, un enfoncement à peu près de forme elliptique, qu'on nomme battement de boulet, qui est d'autant plus profond que le choc a été plus violent, et s'est opéré sur un angle de percussion plus élevé; il arrive quelquefois que le mobile, attéré par le fluide élastique dans sa marche, en sortant du battement, rase si fort les parois de l'âme, qu'il les sillonne dans presque toute la longueur inférieure de l'âme

qui lui reste à parcourir, et y laisse un léger sillon qu'on appelle traînement du boulet.

Mais si le boulet se casse au point de percussion par la violence du coup, il y a alors, pour l'ordinaire, un déchirement de métal à l'endroit du choc, à vive-arête, qu'on appelle éraflement, et qui s'étend aussi pour l'ordinaire le long de l'âme, et forme une dégradation majeure qui met presque toujours la pièce hors de service, par la difficulté qui en résulte d'introduire sur la charge un autre boulet.

Lorsque le mobile frappe de ces coups violens vers l'extrémité de la longueur de l'âme, il déforme, pour l'ordinaire, le cercle de la bouche à feu, en la rendant plus ou moins elliptique. Cette dégradation prend le nom d'égueulement, et devient de plus en plus considérable par la multiplicité des coups qui y arrivent, et la lèvre supérieure ou inférieure de la bouche sur laquelle elle existe, saillit de plus en plus sur la tranche de la bouche, et présente alors, dans cette saillie, ce qu'on désigne par le terme de bavure.

Lorsque les battemens du mobile deviennent très-fréquens et très-violens, ils occasionnent alors sur la surface extérieure des canons, au-dessus des points de percussion,

des gerçures plus ou moins longues et ouvertes, et situées d'abord seulement vers la tulipe, lesquelles s'allongent et s'ouvrent ensuite d'autant plus, que les battemens sont plus réitérés en-dessous et qu'ils s'approchent vers la culasse, sans que cependant la partie inférieure qui reçoit le coup soit ouverte comme le métal qui est au-dessus, comme on peut s'en convaincre par l'épreuve de l'eau.

397. A vitesse égale, les battemens sont comme les pesanteurs des boulets, et par conséquent bien plus destructifs dans les pièces de 24 que dans celles de 16, et dans celles-ci, bien plus que dans les pièces de 12, ainsi de suite; mais non-seulement ils sont plus violens dans les gros calibres, mais ils y sont encore plus précoces et plus fréquens. Pour le prouver, supposons qu'après un certain nombre de coups nécessaires à cet effet, le boulet, dans une pièce de 24, se soit déjà frayé ce plan incliné sur les parois inférieures de l'âme en avant de son logement, qui le dirigeant, comme nous avons vu ci-dessus, vers la partie supérieure, commence à atteindre et à frapper les parois de l'âme vers la tulipe ou vers la bouche, il est évident qu'une pièce de 16, sous une même et semblable dégradation,

n'auroit encore rien à essuyer des battemens, puisque ayant une moindre longueur et le même vent du boulet que la pièce de 24, son mobile roulant sur un plan semblablement incliné, mais moins long, sortiroit de sa pièce sans atteindre les parois de son âme dans sa partie supérieure; et à plus forte raison, si par un moindre effort à soutenir, à raison d'un moindre calibre, ainsi que nous l'avons vu ci-dessus, ce plan incliné, contre la supposition gratuite que nous avons faite, étoit moins élevé dans cette pièce de 16.

398. Les pièces de 12, et surtout les pièces de 8 de place, qui, par l'ordonnance de 1765, ont aussi le même vent que les pièces de 16 et de 24, seront encore bien plus éloignées d'être en prise aux battemens des boulets par de bien moindres longueurs d'âme, dans une semblable dégradation.

L'ordonnance de 1732 avoit déterminé le vent du boulet au 27e de son diamètre, ce qui donnoit à la pièce de 24 un vent de 29 points; à celle de 16, 25 points; à celle de 12, 23 points, ainsi des autres. C'est sans doute à l'introduction du forage dans la fabrication des bouches à feu que nous devons rapporter cette réduction abusive, par la faci-

lité que présente cette méthode de pouvoir donner, à la volonté, la précision aux formes et aux dimensions prescrites.

Il existoit encore, en 1785, un grand nombre de pièces neuves, du calibre de 24, répandues dans les places de la Flandre, du Hainaut et de l'Artois, coulées et forées à Douai en 1748, par M. Maritz, dans lesquelles les étoiles à calibrer, de l'ordonnance même de 1765, ne pouvoient être introduites; de manière que le vent du boulet dans ces pièces étoit réduit à 15 ou 16 points. Ainsi, d'après ce que je viens de faire observer ci-dessus, il est évident que cette réduction abusive doit entraîner un désavantage considérable dans la durée des pièces qui le supportent: sous ce point de vue, et tel que vraisemblablement l'ordonnance de 1732 l'avoit considéré, le vent du boulet, qui seroit au-dessus des limites prescrites, deviendroit une cause du peu de durée des pièces.

Cette assertion paroissant heurter de front le principe généralement adopté, que dans la fabrication des bouches à feu, moins le mobile a de pente, plus cette précision garantit la justesse du coup et la durée de l'âme, il est important de s'y arrêter un instant pour la défendre contre ce préjugé.

Le boulet qu'on introduit dans l'âme du canon, jusque sur la charge de poudre, n'a pas lui-même d'autre détermination que celle que lui procure sa pesanteur, de s'asseoir sur la partie inférieure de l'âme; et d'ailleurs, nous avons vu que l'action du fluide élastique sur le mobile étoit plutôt de l'atterrer que de le forcer à s'élever. Ainsi, dans une pièce neuve dans laquelle, par conséquent, il n'existe encore aucun obstacle sur les parois de l'âme à la marche du mobile, le boulet est nécessairement déterminé à rouler, en portant toujours sur la partie la plus basse des parois de l'âme; d'où il suit que, dans ce premier cas, la réduction du vent du boulet n'entre pour rien dans la justesse du coup.

Cette réduction n'y contribue pas davantage dans une pièce qui a déjà servi, et même lorsque le logement du boulet, cette dégradation primitive, source de toutes les autres, est déjà sensible; car supposons que, dans une pièce de 24, le boulet commence à frapper les parois supérieures de l'âme, soit par la direction qu'il reçoit en sortant du logement du boulet, ou en suivant le plan incliné établi par un service antérieur, qu'arriveroit-il d'avantageux à cette pièce pour la justesse du coup, si au lieu d'avoir le vent prescrit

de 18 points, ce vent étoit réduit à 12? L'angle de percussion du mobile sur les parois de l'âme étant la même, l'angle de réflexion seroit le même aussi, avec la différence, cependant désavantageuse, qu'il frapperoit plus éloigné de la bouche; mais il n'en résulteroit rien d'avantageux à la justesse du coup. Ainsi, soit que la pièce soit neuve ou qu'elle ait déjà servi, on ne peut regarder la diminution du vent, outre mesure, comme un garant de la justesse du coup.

Cette réduction ne contribue pas davantage à la durée de la pièce, en la considérant même d'après la moindre issue à l'échappement du fluide élastique; car la pression de ce fluide n'en est pas moins la même sur la surface supérieure du mobile, puisque son action n'est pas en raison de sa quantité ou de la hauteur de la colonne comprimante, mais en raison de sa densité, qui, dans cette circonstance, est au moins toujours la même.

Mais si, dans les premiers services des pièces de canon, ce rétrécissement de l'âme ne retarde pas même sensiblement leur destruction, l'effet dans la suite devient bien plus rapide; car en rappelant la supposition faite ci-dessus, d'une pièce de 24, n'ayant que 12 points de vent, on voit que le boulet, sous

un même affaissement de métal à son logement, doit frapper les parois de l'âme d'autant plus en arrière de la bouche, en avançant vers la culasse; la ruine est donc alors plus prochaine, puisque d'une part les battemens ne peuvent avoir lieu plus loin de la bouche, sans préalablement s'être fait sentir plus près dans les coups précédens; et que de l'autre, la disposition aux battemens sur la partie inférieure de l'âme, qui sont les plus dangereux comme les plus nuisibles à la justesse, n'y pouvant avoir lieu, est plus prochaine des coups ultérieurs, que par des ricochets pris sur la partie supérieure de l'âme.

Les gerçures qui, dans ces épreuves extraordinaires, se sont formées en grand à l'extérieur des pièces de 16 et de 24, d'abord sur la tulipe et ensuite sur la volée, et successivement, en avançant plus près, vers la culasse, tracent, d'une manière bien évidente, la marche ordinaire qui conduit les pièces de canon à leur ruine complète.

Ainsi, bien loin de considérer comme un degré de perfection dans la fabrication des bouches à feu, le rétrécissement de l'âme au-delà des limites sagement établies par l'ordonnance de 1732, il faut le regarder au contraire, tout au moins, comme un obstacle

considérable à leur durée, ainsi que l'expérience l'a prouvé aux épreuves de 1786, à l'égard du mortier de 12 pouces à grande portée, coulé par M. Bérenger, avec un vent de 10 points au-dessous de celui prescrit par l'ordonnance.

399. Enfin, l'accroissement bien réel de force qu'a reçu la poudre d'aujourd'hui sur celle employée dans les guerres de Flandre, doit être considérée indépendamment de toute autre cause, comme une des plus efficaces parmi toutes celles qui ont concouru à diminuer la résistance et la durée des pièces éprouvées en 1786; et je vais tâcher, en peu de mots, de donner l'idée qu'on doit se former sur l'intensité de cette nouvelle force.

Soient deux charges de 8 livres de poudre destinée pour le calibre de 24, l'une de la poudre ancienne en usage dans les guerres de Flandre, et l'autre de la poudre d'aujourd'hui. Supposons, pour donner plus de force à ce raisonnement, ces deux espèces de poudre parfaitement semblables dans leurs dosages et dans tous les procédés de la fabrication, composées d'ailleurs l'une et l'autre de grains à peu près de forme ronde, avec la seule différence que les grains de la poudre ancienne sont d'un diamètre double de ceux de la se-

conde, comme étant la seule différence certaine qu'on puisse assertiorer avoir existé entre ces deux espèces de poudre.

Soit x pour représenter le nombre des grains contenus dans la charge de poudre ancienne, $8x$ sera le nombre des grains contenus dans la nouvelle; et si nous représentons par y la surface d'un grain de la première, $\frac{y}{4}$ sera la surface d'un grain de la seconde, et $\frac{8y}{4}=2y$, représentera la surface de 8 grains de la seconde; d'où il suit que la surface que la poudre d'aujourd'hui présentera dans un même temps, à l'inflammation, sera double de celle qu'y présentoit l'ancienne; la charge de la poudre d'aujourd'hui seroit donc entièrement consumée, qu'il resteroit encore à peu près le quart de la poudre ancienne à se consumer, et pour la combustion duquel il faudroit, à raison de la diminution de la surface des grains restant à se brûler, à peu près le même espace de temps que celui déjà écoulé (52).

La densité du fluide élastique dans le temps entier de la combustion de ces deux charges, mais surtout dans sa première moitié, sera donc sensiblement plus grande dans la nouvelle poudre que dans l'ancienne; la poudre nouvelle agira donc avec bien plus de force

pendant tout ce temps sur le boulet en prise à son action : or quelle que soit la diminution qu'on puisse raisonnablement exiger, à cause de l'imperfection des grains sur l'avantage réel qui doit résulter uniquement de la différence réellement établie, depuis les guerres de Flandre, entre les grains de ces deux espèces de poudre, il en restera toujours assez pour assertiorier, en faveur de la poudre d'aujourd'hui, une grande supériorité de force sur celle employée du temps des guerres de Flandre.

400. Témoin occulaire et attentif par devoir, de tout ce qui s'est passé dans les épreuves extraordinaires de 1786, il m'a depuis semblé que non-seulement tout devoit s'être passé ainsi, mais encore qu'il en seroit de même dans toutes les circonstances où les pièces de 16, et surtout les pièces de 24 de cette même fabrication, sans autre précaution, auront à remplir un service vif et soutenu.

Et en effet, combien de pièces de ce dernier calibre n'avons-nous pas consommées, aussi rapidement qu'à Douai, au siége de Saint-Elme, en l'an 3, et à celui de Roses l'année d'après, à l'armée des Pyrénées-Orientales ! ce qui a fait dire de bonne foi à un représentant du peuple en mission à cette

armée, en s'adressant à moi, et auquel cette consommation ne paroissoit pas naturelle : « Je crois que tu nous amènes ici toutes les » pièces hors de service de l'équipage d'artil- » lerie. » Je lui répondis naïvement, en lui montrant une pièce de 24 que je venois de tirer de la citadelle de Figuières, qui étoit encore dans son intérieur sous le brillant métallique : « Observez celle-ci dans sa durée, elle » est toute neuve. » C'est ce qu'il fit bien certainement; mais cela n'empêcha pas que cette pièce n'eût le même sort que toutes les autres, d'être complétement ruinée après une cinquantaine de coups.

Ce qui étoit arrivé aux Pyrénées-Orientales, arriva quelques années après à l'armée de Rhin-et-Moselle, à la défense de la tête du pont de Kehl. Des plaintes en furent portées au ministre de la guerre contre le fondeur de Strasbourg, sur le peu de résistance qu'avoient montrée les pièces de canon employées à cette défense. Je les ai vues quelque temps après, par ordre du ministre; et dans l'examen que j'en ai fait très-attentivement, je n'ai rien trouvé que de conforme au compte qui en avoit été déjà rendu, et rien qui ne fût analogue aux résultats des expériences extraordinaires de 1786.

401. L'étonnement si bien prononcé que témoignèrent à l'envi les uns des autres, les officiers-généraux de l'artillerie qui avoient assisté ou présidé les épreuves extraordinaires de 1786, sur la ruine si prompte et si complète des pièces de 16, et surtout de celles de 24; étonnement d'autant plus naturel, qu'ils assuroient à l'unanimité que ces pièces, dans les guerres de Flandre, avoient au moins toutes fourni à un siége, quelle que fût sa durée; cette assurance, bien digne de confiance, me fortifia de plus en plus dans l'idée qu'il devoit s'être opéré dans la fabrication des pièces de gros calibre, depuis cette époque, quelque changement qui, par des effets inopinés, donnoit lieu à de si graves inconvéniens inaperçus jusques aux épreuves de 1786.

Dans cette persuasion, ayant mis par la suite de l'ambition à rechercher ce qu'il en étoit, en rappelant à mon souvenir ce que j'avois observé d'extraordinaire dans la conformation des pièces anciennes, que leur délabrement amenoit à la refonte, je n'eus pas besoin d'une longue méditation pour trouver la vérité que je vais faire connoître en bien peu de mots.

Nous avons été parfaitement convaincu, par les événemens qui se sont succédés aux épreu-

ves de 1786, que les rapides dépérissemens des pièces de gros calibre, inouïs jusque alors, ne pouvoient être attribués à d'autre cause qu'à la pression que le fluide élastique exerçoit dans les premiers instans de son expansion sur la partie supérieure du boulet, avant qu'il eût pu être mis en mouvement; et nous ne pouvons nous empêcher de convenir ici que la cause première de ce mauvais effet tient à la situation du canal de la lumière, qui débouchant dans la capacité de l'âme par sa partie supérieure, y donne lieu en introduisant le fluide élastique à l'endroit du vent, qui forme une issue rapide à son passage. Cette situation du canal de la lumière est si commode pour le service, qu'elle a dû paroître dans tous les temps comme la plus convenable, jusqu'à ce qu'on se soit aperçu de l'inconvénient pernicieux qui en résultoit; ce qui, sans doute, n'a pas été long-temps à se manifester.

Le premier moyen qui a été mis en pratique pour s'en préserver est dû aux Kellers, fondeurs célèbres, qui, dans le 17e siècle, vinrent s'établir à Douai.

Ce moyen préservatif, exclusivement appliqué aux gros calibres comme impérieusement nécessaire, consistoit dans l'établissement de

ce canal cylindrique, qu'on a de nos jours appelé *boudin*, ou *porte-feu*, situé derrière le fond de l'âme dans l'épaisseur du métal, ayant 2,5 pouces à 2 pouces de longueur, sous un diamètre de 1 pouce ou 9 lignes suivant le calibre, qui débouchoit dans la capacité de l'âme de la pièce perpendiculairement au cercle qui en forme le fond.

Comme on chargeoit alors les pièces à la lanterne, au moyen de laquelle la poudre étoit introduite, pour ainsi dire, à nu, au fond de l'âme, il s'en introduisoit alors une partie dans ce canal, mais plus abondamment encore lorsqu'on bourroit la charge et le canal de la lumière auquel l'emplacement du bouton de la pièce ne permettoit pas d'attribuer ces salutaires fonctions, partant, comme à l'ordinaire, de la sommité de la surface extérieure de la pièce, venoit aboutir, par son orifice inférieur, dans le boudin, et y portoit le feu ; d'où le fluide embrasé sortant avec force et impétuosité, à raison de la quantité de poudre qu'il contenoit, ne pouvoit manquer de pousser la charge dans ce premier effort, selon le sens de la longueur de l'âme, et par conséquent de mettre le boulet en mouvement avant qu'il eût pu, comme auparavant,

être atteint par le fluide élastique sur sa surface supérieure.

Dans l'espoir, sans doute, d'un meilleur effet, on faisoit aboutir le boudin, dans les premiers temps de son application, sur la partie inférieure de l'âme, en le faisant traverser le quart du rond; mais cette première situation présenta vraisemblablement des inconvéniens, qui le firent situer à la hauteur du centre du cercle du fond de l'âme, où il étoit encore de nos jours.

Quoique ce moyen se ressentît du peu de ressource de l'art, dans son exécution, il n'en fut pas moins efficace, puisque depuis son application cette pernicieuse dégradation avoit si complétement disparu, qu'elle est restée inconnue jusqu'à la suppression du boudin, qui a eu lieu à l'introduction du forage; mais plus particulièrement, et plus sévèrement encore, à l'ordonnance de 1765, qui le fit considérer, non-seulement comme inutile et sans intention connue, mais encore comme impraticable dans la nouvelle manière, bien plus expéditive, de servir les bouches à feu.

La preuve la plus évidente que le vrai motif de ce petit canal étoit resté inconnu dans l'artillerie jusqu'à ce jour, c'est le silence que

les deux parties, en 1772, ont gardé à son égard, quoiqu'il eût été un instant rétabli alors, par les partisans des pièces longues, sans qu'ils aient osé s'en prévaloir contre leurs adversaires, qui l'avoient supprimé; ce qu'ils n'auroient certainement pas manqué de faire, s'ils s'y étoient cru autorisés en principe.

En réhabilitant ce canal cylindrique dans son vrai motif, je suis cependant bien éloigné de vouloir en préconiser l'usage, qui ne seroit plus en harmonie avec la célérité du service actuel de l'artillerie.

Malheureusement, on ne peut se le dissimuler, l'usage du sabot, qui, dans le service des pièces de campagne, atténue avec tant d'effet l'affaissement du métal au logement du mobile, ne sera jamais, vis-à-vis des pièces de 16 et de 24, qu'un moyen encombrant incommode, et qu'un palliatif, soit qu'on le place en avant ou en arrière du boulet, insuffisant pour établir ces deux calibres dans la résistance et la durée convenables au service important qu'ils ont à remplir.

Les Prussiens, dans la guerre de sept ans, faisoient usage d'une espèce d'estoupille de cuivre, assez longue pour pénétrer assez avant dans le corps de la gargousse : étoit-ce, comme on le pensoit alors, seulement dans la vue d'ac-

célérer la vitesse d'inflammation de la charge, ou bien dans l'intention plus heureuse de préserver les pièces de l'affaissement du métal au logement du boulet; ce qui devoit avoir cet effet, ou du moins celui de le diminuer sensiblement? Mais n'étoit-il pas à craindre, vis-à-vis de ces estoupilles de métal si longues, que, faussées parfois dans la capacité de l'âme par la force du tir, elles n'enclouassent accidentellement la pièce?

Quoi qu'il en soit de tous ces moyens, je ne doute pas qu'en prenant en considération cet objet, on ne parvienne à donner aux calibres de 16 et de 24 la résistance et la durée qui leur est convenable, en faisant concourir, proportionnellement à l'effet désiré, et la réduction de la longueur de l'âme, et le rétablissement du vent du mobile, conformément à l'ordonnance de 1732, si fort réclamés, d'ailleurs, l'un et l'autre, par les principes et par l'expérience; et nous pouvons d'autant plus tranquillement attendre ce changement, sans craindre d'être devancés dans cette amélioration, que nous sommes au moins au niveau, à cet égard, de toutes les connoissances acquises chez l'étranger.

FIN.

613808

TABLE
DES CHAPITRES.

SUITE DE LA SECONDE PARTIE.

CHAP. III. *Du Mortier considéré selon les formes établies par l'ordonnance de 1732; de ses défauts inhérens à cette force, et des changemens qui ont été opérés sur cette arme, depuis l'époque de 1786*..... page 1

CHAP. IV. *De la Balistique*..... 48

TROISIÈME PARTIE.

DE LA FABRICATION DES BOUCHES A FEU..... 128

CHAP. Ier. *De la Fonte grise (de fer) à l'usage de l'artillerie de la marine et des côtes; de la fonte verte (de bronze) à l'usage de l'artillerie de ligne; discussion sur le bien ou le mal que l'introduction du forage et du tour peut avoir apporté dans la fabrication des bouches à feu*..... Ibid.

CHAP. II. *De la Moulerie et des Fourneaux à l'usage des fonderies de Douai et de Strasbourg*..... 190

CHAP. III. *De la Charge des fourneaux, et de la manière de conduire la fonte jusqu'à la coulée des bouches à feu inclusivement.*. page 244

CHAP. IV. *De la Vérification des bouches à feu, sortant de la graverie, après avoir été forées et tournées; de l'épreuve ordinaire, et de la vérification définitive*..... 268

CHAP. V. *Des épreuves extraordinaires qu'on fait subir aux bouches à feu, lorsque des circonstances particulières le réclament, telle est celle, pour exemple, de* 1786..... 336

Fin de la Table du second volume.

TABLE DES MATIÈRES.

PREMIER VOLUME.

AVANT-PROPOS..... *page* v
De l'Époque présumée de l'invention de la poudre. 2
Considération sur la force actuelle de la poudre..... 6
Tableau de l'analyse de la poudre..... 11
Du Calorique, principe constituant de la poudre.... 15
Du Calorique rayonnant, qui se produit dans l'explosion de la poudre..... 16
Des Affinités chimiques..... 18
De l'Air atmosphérique, sa composition..... 19
De l'Oxigène, principe constituant de la poudre enflammée..... 20
De l'Azote, principe constituant de la poudre enflammée..... 23
De l'Hydrogène, principe constituant de la poudre enflammée..... 26
Du Carbone, principe constituant de la poudre enflammée..... 27
Du Soufre, principe constituant de la poudre enflammée..... 31
De la Potasse, principe constituant de la poudre.. 33
Du Potassium, principe constituant de la poudre

page
enflammée 34
De l'Eau, principe constituant de la poudre..... 41
De l'Acide carbonique, qui se forme dans l'explosion de la poudre..... 43
De l'Acide nitrique, principe constituant de la poudre 46
Du Nitrate de potasse, principe constituant de la poudre..... 51
Du Sulfure de potasse, qui se forme dans l'explosion de la poudre..... 60
Combustion d'un mélange à parties égales de nitrate de potasse et de soufre..... *ibid.*
Combustion à l'air libre d'un mélange de nitrate de potasse et de charbon, dans la proportion de 76 parties du premier, et de 15 du second..... 61
Essai sur l'explication du phénomène de l'explosion de la poudre..... 64
Le Soufre n'est nécessaire ni à l'inflammation ni à l'explosion de la poudre..... 76
De la Poudre de guerre sans soufre..... *ibid.*
Des diverses Opinions qui se sont élevées en différens temps sur la cause de la force explosive de la poudre 82
Le Calorique rayonnant est le vrai et unique moteur de la force de la poudre..... 83
La force expansive du fluide élastique de la poudre enflammée est proportionnelle à sa densité, ou en raison inverse de son développement..... 87

page

Des Expériences d'Auxonne, et des motifs qui ont pu déterminer à y avoir recours..... 93

Tableau des portées dans le cours de ces expériences célèbres, n° 1, à la fin du volume..... *ibid.*

La Combustion entière d'un volume de poudre, quelque bien ramassée qu'elle soit, et quelque petite qu'en soit la quantité, n'est point instantanée, mais d'une durée toujours appréciable par le calcul..... 98

La Combustion des charges de poudre ne s'opère point uniformément; mais elle est d'autant plus abondante, à temps égal, que ces parties élémentaires des temps entiers approchent d'autant plus le premier, où répond la plus grande partie de la combustion..... 102

Formule qui donne la quantité de poudre comburée sous le mobile, à l'instant de l'impulsion, aux expériences d'Auxonne..... 112

Tableau de la quantité de poudre comburée sous le mobile, à l'instant de l'impulsion, faisant partie de la charge entière, aux expériences d'Auxonne, n° 3, à la fin du volume..... *ibid.*

Opinions de divers auteurs célèbres, sur la force explosive de la poudre..... 114

Évaluation de la force explosive de la poudre enflammée, basée sur les vérités de fait que présentent les expériences d'Auxonne..... 123

Force de pression du fluide élastique, sur un pouce carré, aux expériences d'Auxonne..... 130

Force de pression du fluide élastique, sur un pouce

page

carré de surface, au premier instant de son expansion..... 132

Force de pression du fluide élastique, comparée à celle de l'air atmosphérique..... 134

Dans une masse quelconque de poudre, exactement contenue dans une capacité, le vide qui se trouve entre les grains de poudre, et qui fait partie du volume, se trouve toujours, quelle que soit la grosseur des grains, pourvu qu'elle soit à peu près uniforme, dans un même rapport avec la masse de poudre..... 143

Le rapport de la masse de la poudre est au volume du vide entre ses grains non loin de 2 : 1..... 145

Formule de la force de pression du fluide élastique dans toutes les circonstances où la poudre est employée comme charge dans les bouches à feu et les mobiles creux..... 150

Dans une bouche à feu, la force absolue de pression du fluide élastique sur la surface du mobile, est à la force qui en résulte, selon l'axe de la bouche à feu, comme 2 : 1..... 157

Dans un mobile creux, la force absolue de pression du fluide élastique est à la force dilacératrice, comme 2 : 1..... *ibid.*

Essai sur la recherche du rapport qui existe dans une bombe de 12 pouces, à chambre pleine, entre la force dilacératrice et la force de cohésion des parties métalliques au moment qu'elle cède à la dilacération..... 161

Du temps d'inflammation des quantités quelcon-

page

ques de poudre, en forme de trainées uniformément grosses..... 164

Du temps nécessaire à l'entière combustion d'une quantité quelconque de poudre, contenue exactement dans une capacité sphérique inflexible, et dans la supposition que le feu s'y communiqueroit par le centre de la sphère..... 178

De l'Extraction du nitrate de potasse par les salpétriers..... 185

De la Purification du salpètre de première cuite, par les employés à la régie..... 197

De la Fabrique du charbon à l'usage de la poudre. 205

De la Purification du soufre à l'usage de la poudre. 207

De la Fabrication de la poudre de guerre..... 210

Des Barils à poudre et de leurs chapes..... 219

De l'Épreuve de la poudre, en petit et en grand, avant de la recevoir..... 223

Du Radoub des poudres avariées..... 226

Des Magasins à poudre et de leurs emménagemens. 227

De l'Époque présumée de l'invention des bouches à feu..... 234

De la Longueur de l'âme des canons la plus avantageuse aux portées, relativement aux charges déterminées par les règlemens..... 261

Diverses Opinions des Savans sur la solution de ce problème..... 262

De la Réduction de la longueur de l'âme dans les pièces de bataille, autorisée par l'expérience... 267

Épreuves à Douai, en 1772, sur des pièces de

page
campagne de 4..... 269
Principes de Newton sur les effets de la résistance de l'air..... 280
Épreuves à Strasbourg, sur des pièces de campagne de 8 et de 12, en 1765..... 287
Les plus grandes portées possibles dans les canons augmentent avec le calibre..... 294
Les épaisseurs primitives à la culasse, et celles qui s'ensuivent proportionnellement dans les autres parties du canon, n'ont aucun rapport d'intention avec la force explosive des charges; mais sont seulement proportionnelles au diamètre du boulet..... 297
Des Charges de poudre déterminées pour chaque calibre..... 316
Des Boulets..... 320
Essai sur l'appréciation de la vitesse initiale des boulets à la sortie de la bouche du canon..... 324
Évaluation de cette vitesse initiale par Robins.... 325
Expérience du pendule..... 333
Expériences de M. Antony, au moyen d'une espèce de tambour, surmonté d'une bande de papier, qui tourne avec une vitesse uniforme connue.. 336
Évaluation de la vitesse initiale de la bombe aux expériences d'Auxonne, projetée sous l'angle de 40 degrés, sous quatre diverses longueurs d'âme de la pièce de 24, avec une charge de 8 livres de poudre..... 338
Application du résultat de l'expérience ci-dessus,

page

à la recherche de la vitesse initiale d'un boulet de calibre, supposé mis à la place de la bombe. 342

Recherche sur le raccourcissement que doit opérer dans les portées d'une pièce de canon, un excès de longueur d'âme..... 351

De la longueur d'âme, pour le calibre de 24, la plus avantageuse à la charge de 8 livres de poudre, déterminée par ces expériences..... 359

De la charge la plus avantageuse à la portée, dans une pièce de canon d'une longueur d'âme déterminée..... 364

De l'Utilité de la hausse dans le tir des bouches à feu..... 367

De l'Utilité du sabot dans le tir des pièces de bataille..... 387

Du Recul des bouches à feu..... 396

Des Cartouches à balles de fer battu, et Réflexions sur quelques changemens avantageux à opérer dans leur composition..... 408

Du Tir à ricochet..... 422

Du Tir à boulet rouge..... 427

De l'Obusier de campagne et de place, et espagnol à grande portée..... 430

SECOND VOLUME.

De l'Invention de la bombe et du mortier..... *page* 1

Épreuves comparatives faites à Strasbourg en 1765, qui ont prouvé que le mortier de 10 pouces, de nouvelle invention, pouvoit rendre le même ser-

page

vice, à tous égards, que celui de 12 pouces de 1732..... 6

Du vice dans la forme de l'âme, et de la chambre du mortier de l'ordonnance de 1732..... 11

De la correction avantageuse opérée dans la forme intérieure du mortier de 1732, en 1786 à Douai, et plus correctement encore les années suivantes 1787-1788..... 18

Du Mortier bilboquet éprouvé pour la première fois à Strasbourg, après lui avoir fait subir quelque amélioration dans la forme de son âme... 28

Du Mortier-Pierrier..... 45

Du Mortier à éprouver les poudres..... 46

De la Balistique..... 48

De la fabrication des Bouches à feu..... 128

Des Bouches à feu de fonte grise (de fer coulé)... 130

Des Bouches à feu de fonte verte (de bronze)..... 134

Des bonnes et mauvaises qualités du Cuivre dans la fonte à l'usage de l'artillerie..... 135

Des bonnes et mauvaises qualités de l'Étain dans la fonte à l'usage de l'artillerie..... 136

Aucun principe n'autorise l'exclusion qui a eu lieu depuis l'introduction du forage, du zinc, comme partie constituante de la fonte à l'usage de l'artillerie, et au contraire, l'expérience en réclame l'admission..... 142

Toutes choses égales d'ailleurs, la manière de couler les bouches à feu contribue à leur solidité..... 150

Les avis sont encore partagés, même parmi les gens

page

de l'art, entre les méthodes de couler à noyau comme autrefois, ou plein comme aujourd'hui. 152

De l'utilité de la masselotte dans la coulée des bouches à feu..... 163

Les opinions sont encore partagées sur l'avantage ou l'inconvénient de tourner les pièces de canon sur leur extérieur..... 167

De l'analyse du bronze par l'acide nitreux..... 173

Résultat de l'épreuve par la pesanteur de la dissolution..... 180

Résultat de l'épreuve par la pesanteur du précipité. 181

Des diverses difficultés que le mouleur a à vaincre, pour donner à ses moules la compacité, la dureté et la force convenables..... 190

Des diverses substances qui entrent dans la composition de la pâte à mouler les bouches à feu, et leurs chapes..... 192

De la pâte qui sert à la composition du modèle de la bouche à feu..... 197

De la nature de la cendrée interposée entre le modèle et la chape..... *ibid.*

De la composition de la potée ou des premières couches de la chape..... 205

Composition de la pâte pour la confection de la chape..... 209

Du premier bandage, et de sa nécessité..... *ibid.*

Du second bandage, et de son motif..... 213

De la cuite et de la recuite des moules..... 216

De l'enterrage des moules dans la fosse, et de son

page
utilité..... 224
Construction du canal et des échénos destinés à recevoir la matière dans la coulée au sortir du fourneau, et à la diriger dans les moules, successivement, jusqu'à l'épuisement de la matière.... 226
Des Fourneaux à réverbère en usage pour la coulée des bouches à feu dans les fonderies de Douai et de Strasbourg..... 228
Les Fourneaux à l'angloise proprement dits ne pourront être substitués à ces premiers sans des inconvéniens..... 241
Des divers métaux neufs en usage dans ces deux fonderies..... 248
De la manière usitée par les commissaires des fontes, de former leurs alliages dans le rapport voulu par le règlement..... 250
Manière d'opérer avec plus de sûreté et d'exactitude l'alliage dans le rapport voulu..... 252
De la manière la plus convenable à disposer, sur le pavé du fourneau, les mortiers à fondre.... 254
De la manière de conduire la fonte, depuis que le feu a été mis dans le fourneau, jusqu'à l'époque de la coulée..... 255
De la coulée, qui est l'art de jeter en moule la matière contenue dans la capacité du fourneau.... 258
Du travail pénible qu'apporte le métal, qui, dans la coulée, est plus abondamment encore après la coulée, s'est insinué dans les terres des moules, à désencroûter les bouches à feu..... 262

page

Moyen employé pour scier les masselottes des bouches à feu 265

M. Maritz est l'introducteur en France et en Espagne de la machine à manége pour forer et tourner les bouches à feu, et par conséquent de la méthode de couler plein 266

De la vérification des bouches à feu avant leurs épreuves 268

Des instrumens et de la manière de s'en servir pour vérifier les longueurs, tant intérieures qu'extérieures des bouches à feu 271

Vérification de la distance du devant du tourillon dans les pièces de canon, à l'extrémité de la platebande de culasse 277

Règle à substituer à celle de l'ordonnance, comme plus générale, pour cette vérification 279

De la vérification des dimensions des tourillons, et de leurs situations respectives à l'axe des bouches à feu 282

Instrument à substituer à l'appareil trop compliqué pour vérifier, dans les pièces de canon, la position de l'axe, relativement à celui de la pièce, comme plus exact, plus général et plus commode. 283

De la vérification des diamètres extérieurs des bouches à feu 287

Instrument à substituer au premier, comme plus général, plus exact, plus économique et plus commode 288

Du Chat, instrument employé, exclusivement autre-

page

fois, pour sonder la profondeur et l'ouverture des chambres qui se trouvoient sur les parois des âmes des bouches à feu..... 290

De la vérification du calibre avant l'épreuve..... 292

Les bouches à feu vont à l'épreuve avec un calibre de 10 points au-dessous du calibre de réception. *ibid.*

De l'Étoile mobile pour vérifier les enfoncemens des battemens de boulets, s'il en paroît après l'épreuve..... 294

De l'Étoile mobile à tambour, simplifiée et rendue plus commode..... 298

De l'épreuve ordinaire des bouches à feu..... 307

De l'épreuve de l'eau que subissent les bouches à feu après celle de la poudre..... 315

Des visites définitives après l'épreuve des bouches à feu..... 317

Du déchet que le gouvernement accorde aux fondeurs, sur tous les ouvrages neufs qui lui sont livrés, à raison de 10 pour cent à Douai, et de 8 pour cent à Strasbourg..... 324

Réflexions sur cette attribution, comme trop onéreuse et susceptible d'abus..... 330

Motif concernant l'institution, par le gouvernement, de quatre ouvriers entretenus à ses frais dans chacune des fonderies de Douai et de Strasbourg..... 333

Des épreuves extraordinaires, comparatives ou non, qu'on fait subir aux bouches à feu, lorsqu'il y a lieu; exemple dans le premier cas, à Douai en 1786..... 336

page
De quatre pièces de campagne de 8..... 341
De cinq pièces de campagne de 4..... 352
De quatre pièces de campagne de 12..... 356
De six pièces de place de 16..... 360
De quatre pièces de place de 24..... 364
De quatre mortiers de 8 pouces..... 368
De deux mortiers de 12 à grandes portées..... 373
La vitesse des dégradations des canons dans leur tir augmente avec le calibre..... 374
De la manière dont s'opère le dépérissement..... 377

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

DE L'IMPRIMERIE DE CRAPELET.

Digitized by Google

CALIBRES									MORTIER vireboquet.
es.	de 10 pouces.				de 8 pouces.				
poi.	pieds.	pouc.	lig.	poi.	pieds.	pouc.	lig.	poi.	
»	1	3	2	3	1	»	4	6	
»	»	10	1	6	»	8	3	»	
»	»	10	»	»	»	8	»	6	
»	»	9	8	7	»	7	10	6	
6	»	4	10	4	»	3	11	3	
»	»	7	6	»	»	6	»	»	
»	»	4	10	10	»	3	»	»	
»	»	4	»	»	»	3	»	»	
»	»	4	»	»	»	3	»	»	
»	»	5	6	»	1	»	4	6	
»	»	9	8	3					
»	»	2	7	9	»	1	2	»	
»	»	3	6	»	»	2	»	»	
»	»	3	6	»	»	2	»	»	
»	»	5	3	»	»	3	6	»	
»	1	»	9	7	»	8	»	»	
»	»	6	10	9	»	4	»	»	
»	»	4	»	»	»	2	4	»	
»	»	5	4	»	»	3	1	»	
»	»	6	»	»	»	4	»	»	
»	»	»	2	»	»	»	2	»	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	

lie.		Largeur.			Saillie.			Largeur.			Saillie.		
.	p.	p.	lig.	p.	p.	lig.	p.	p.	lig.	p.	p.	lig.	p.
1	»	»	4	»	»	»	»	»	2	»	»	»	»
2	»	1	5	»	»	»	8	1	»	»	»	6	»
3	»	1	»	»	»	»	8						
4	6	»	9	»	»	»	1						
5	»	1	6	»	1	6	»						
6													

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III NAPOLI

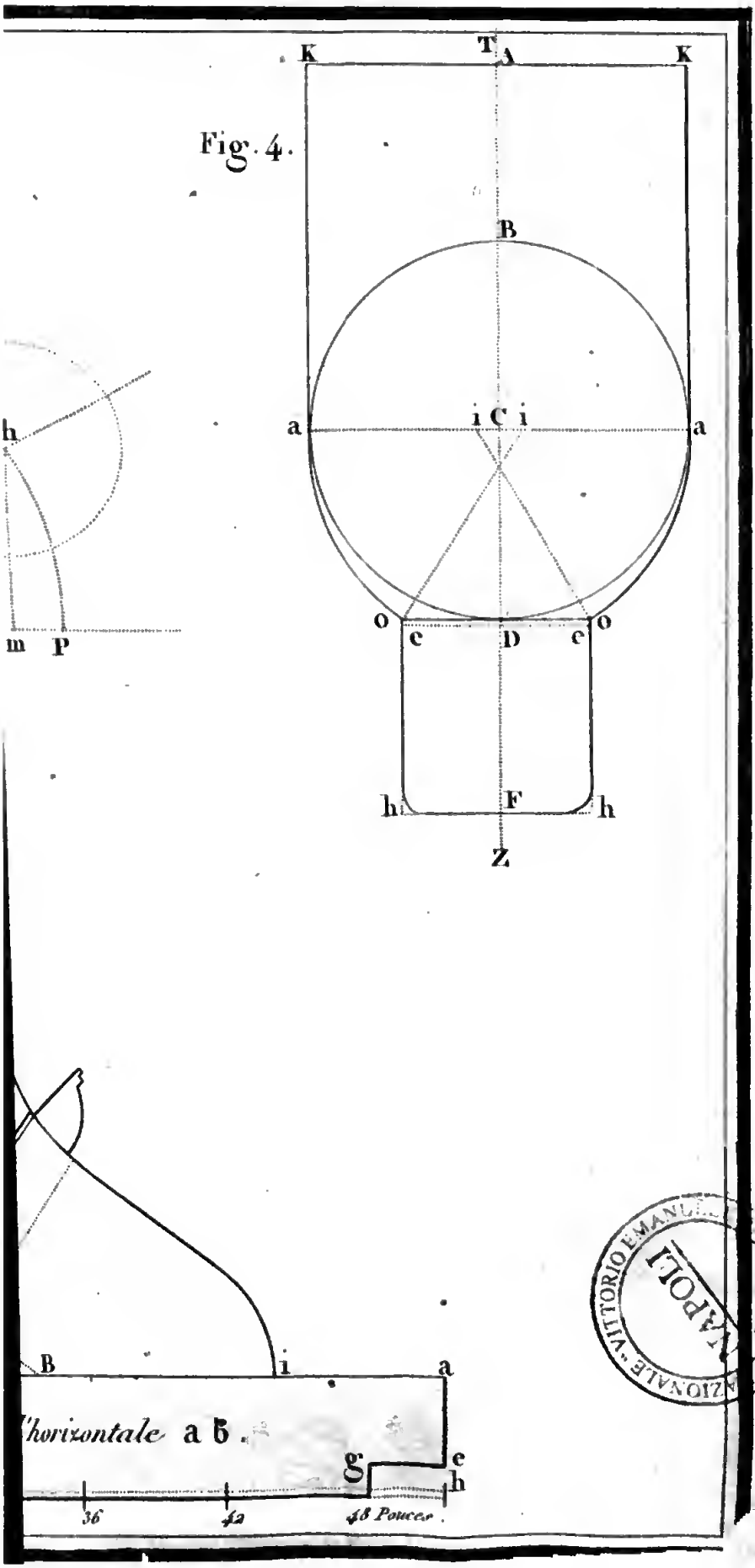
à l'usage de l'artillerie, que l'on fabrique
us, et la matière évaluée à 25 s. la livre

AL DU PRIX.			OBSERVATIONS.
.	sous.	den.	
12	10	0	Ces pièces pèsent actuellement 5700 liv. ce qui donne 8,787 liv. 10 sous.
97	10	0	
05	0	0	
87	10	0	
56	5	0	
81	5	0	
97	10	0	
40	0	0	
45	0	0	
63	15	0	
95	0	0	
13	15	0	
81	5	0	
96	18	0	
00	0	0	
97	10	0	
285	0	0	
228	8	0	
210	1	0	
173	7	0	
126	17	0	
98	14	0	
46	18	0	
41	8	0	
29	12	0	*N B.* Dans les prix de la façon de ces trois derniers articles, on comprend avec les 3 s. 6 d. par livre pesant accordés par le 5e article de l'obligation, 8 sous pour la réparation de chaque boîte à rouage, 3 liv. 15 s. pour celle de chaque écrou, et 1 liv. 16 s. pour chaque crapsudine.
41	18	0	
34	15	0	
27	0	0	
4	1	0	

.....	1 liv.	10 sous	0 d.
Bombe de 10 pouces.	16	0	0
Obus de 8 pouces..	12	0	0
Obus de 6 pouces..	8	0	0
Boulets de tous les cal.	4	0	0

VITTORIO EMANUELE III BIBLIOTECA NAZIONALE NAPOLI

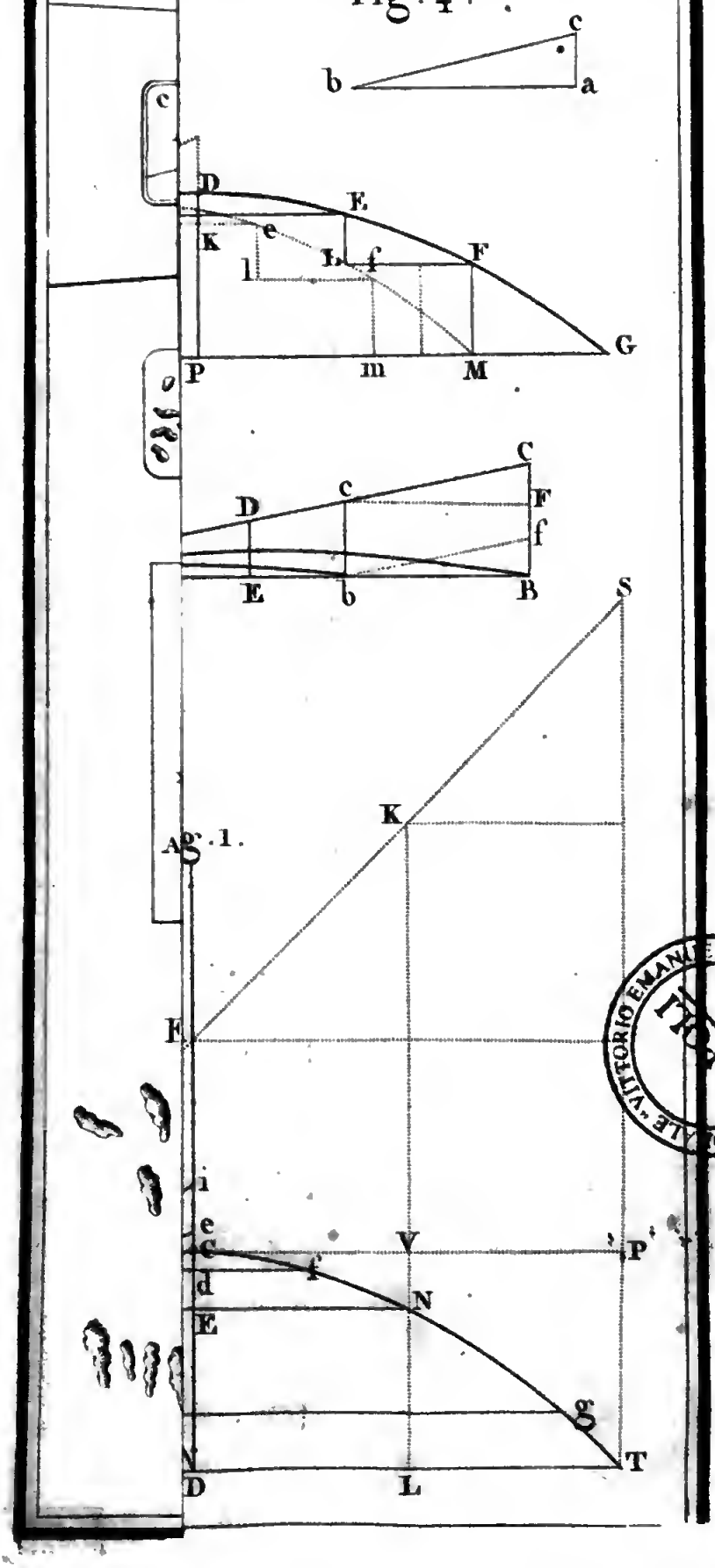
Fig. 4.



VITTORIO EMANUELE
NAPOLI

Digitized by Google

Fig. 4.



VITTORIO EMANUELE III° BIBLIOTECA NAZIONALE NAPOLI

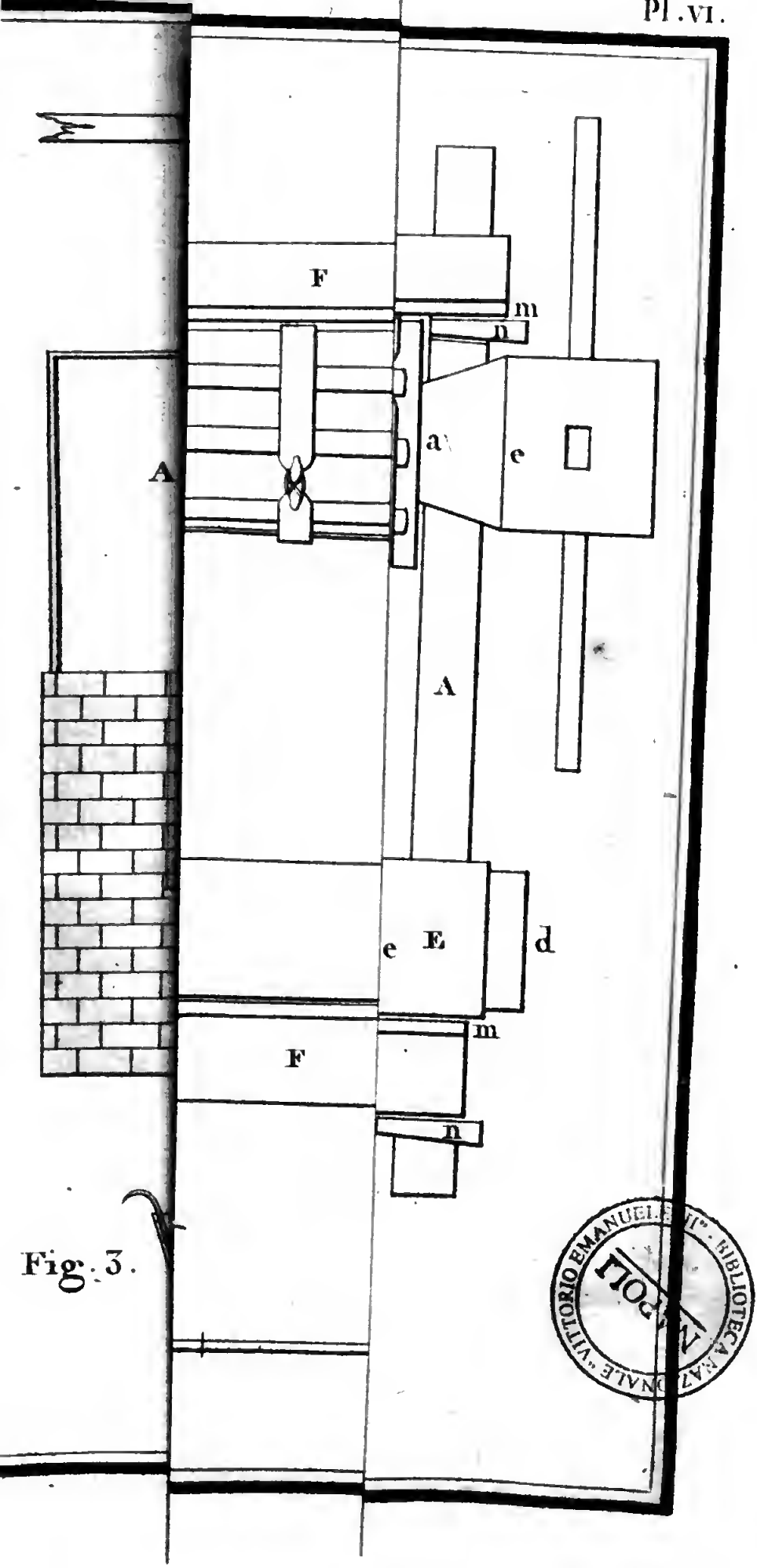
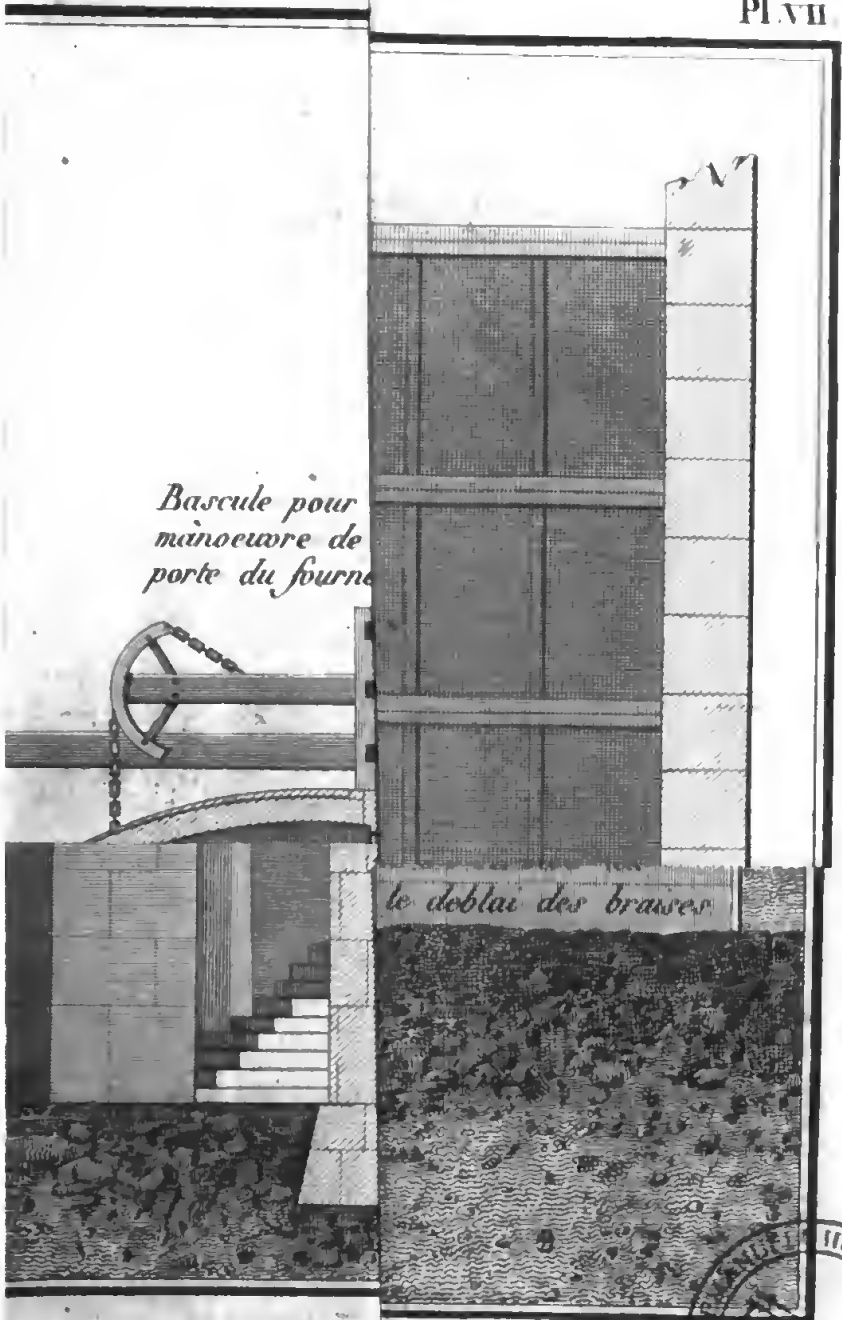


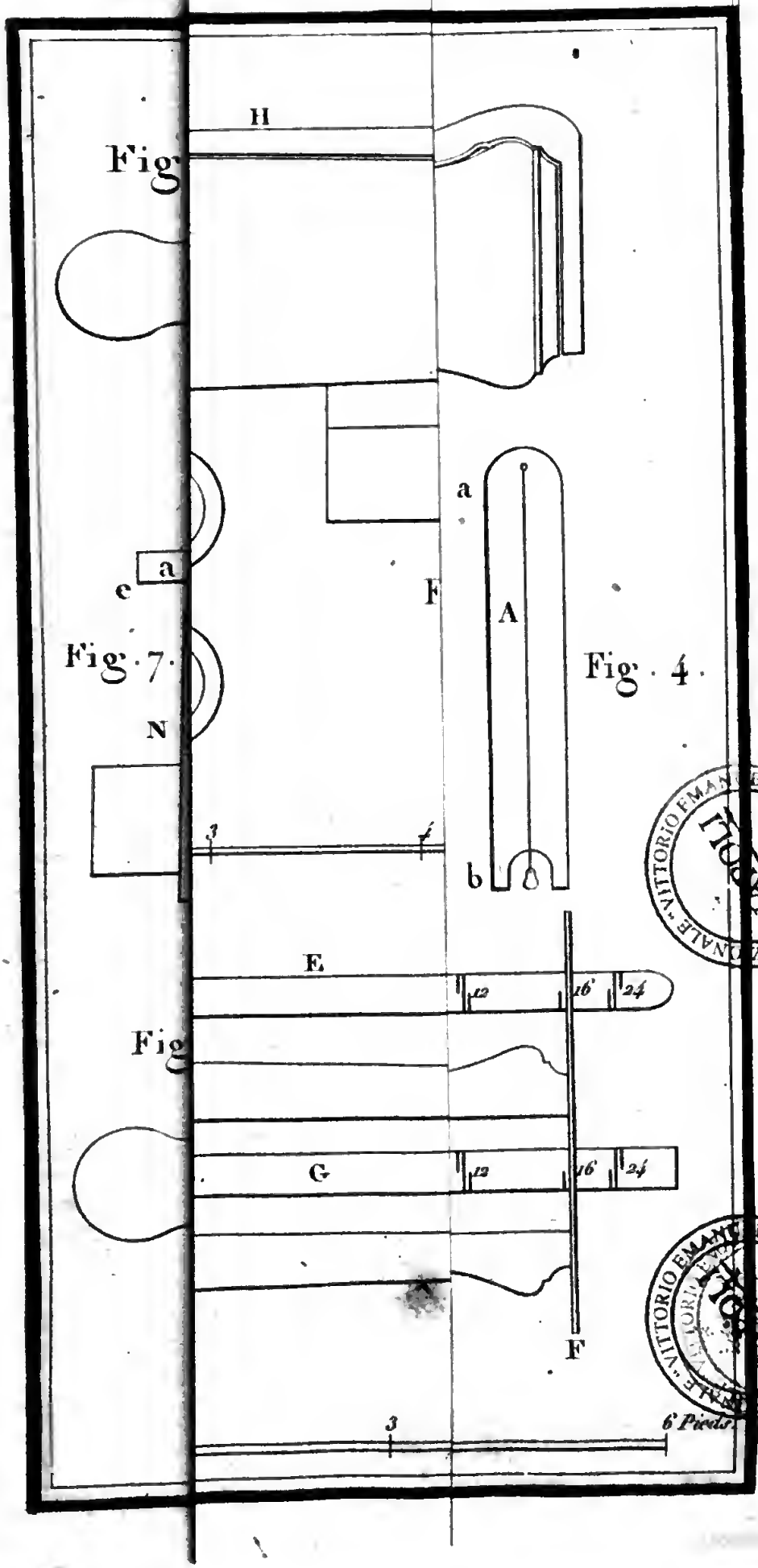
Fig. 3.

VITTORIO EMANUELE III° BIBLIOTECA NAZIONALE NAPOLI

Digitized by Google



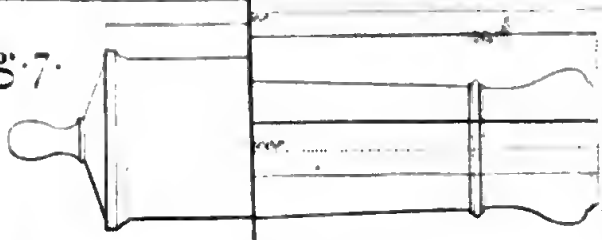
BIBLIOTECA NAZIONALE - E. VITTORIO EMANUELE III - NAPOLI



VITTORIO EMANUELE III BIBLIOTECA NAZIONALE ROMA

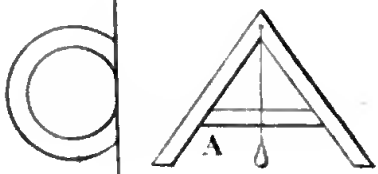
a Pièce
que
b Centr
c Fil q
d Fil q
en d
e Deux
que
un
la c
f Trait
des
g Entr
Croi
leur
des
de la
h Doub
Tourn
i Même
pour
sont
k Règle
du
band

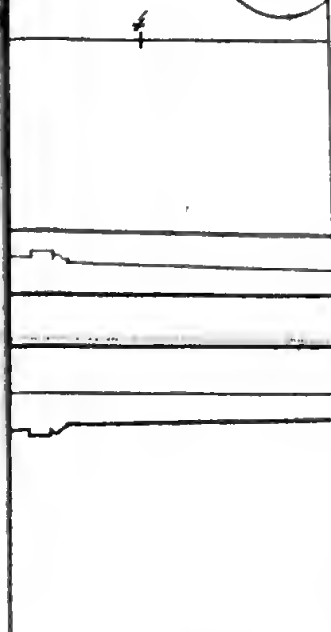
Fig. 7.

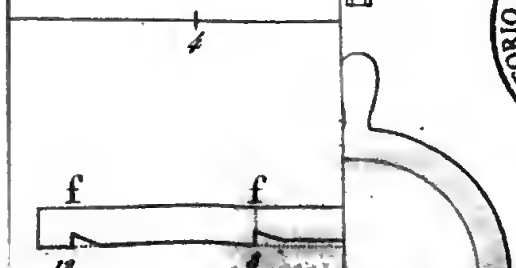


Calibre de 24.

VISITE DE L ADES PIÈCES,
PRÉSENTÉS C



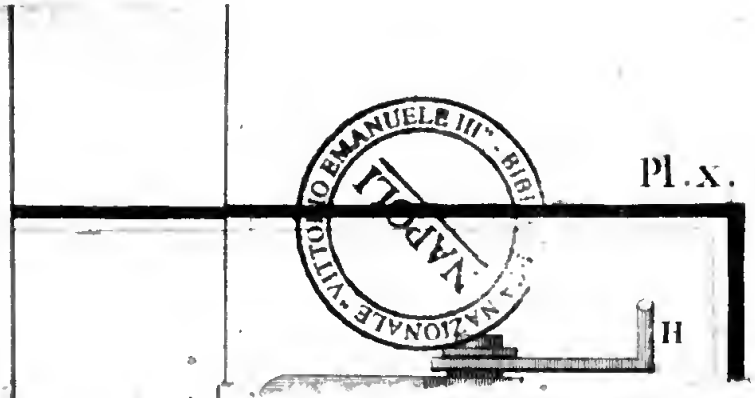




NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III
NAPOLI

Digitized by Google

Pl. x.



VITTORIO EMANUELE III° BIBLIOTECA NAZIONALE NAPOLI

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III
NAPOLI

Pl. XI.

D E

Digitized by Google

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III NAPOLI

PI. XII.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google